

Центр подготовки кадров энергетики

Кафедра «Релейная защита и противоаварийная автоматика»

В.С. СКИТАЛЬЦЕВ

**ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ КАНАЛЫ
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ.
ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК ПВЗ-90М**

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2005**

Скитальцев В.С. *Высокочастотные каналы релейной защиты. Приемопередатчик ПВЗ-90М. Учебное пособие. Издание Центра подготовки кадров энергетики. Издание второе, 2005.*

Рассмотрены принципы работы ВЧ каналов связи по линиям электропередачи, принципы действия высокочастотных релейных защит. Дано описание приемопередатчика ПВЗ-90М. Дана методика наладки и испытаний ВЧ канала, приемопередатчика ПВЗ-90М отдельно и в комплекте защиты, приведена форма протокола наладки. Даны рекомендации по эксплуатации ВЧ каналов защиты.

Для специалистов эксплуатационных и наладочных организаций, работающих с высокочастотными защитами линий электропередачи.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. Каналы высокочастотной связи по линиям электропередачи	6
1.1. Структура канала	6
1.2. Особенности ВЧ связи по ВЛ	7
1.3. Аппаратура обработки и присоединения	10
1.4. Уровни передачи и приема	20
2. Принципы действия высокочастотной релейной защиты	23
3. Характеристики приемопередатчика и ВЧ канала релейной защиты	28
4. Основные особенности приемопередатчика	34
5. Структурная схема и принцип действия ПВЗ-90М	41
5.1 Передача и прием сигналов защиты	41
5.2. Работа автоконтроля	45
5.3. Служебная телефонная связь	47
5.4. Измерения, сигнализация и индикация	47
5.5. Электропитание	48
6. Функциональные схемы блоков ПВЗ-90М	49
6.1 Блок ГСЧ	49
6.2. Блок УПР	50
6.3 Блок МУС	53
6.4 Блок ЛФ	54
6.5 Блок ПРМ1	56
6.6. Блок ПРМ2	57
6.7. Блок АК	59
6.8. Блок УК	67
6.9. Блок БП	69
7. Основные технические данные	72
8. Проверка и наладка приемопередатчика и	

комплекта ВЧ защиты	75
8.1. Программа проверки и наладки в эксплуатационных условиях комплекта	76
8.2. Методика наладки и испытаний комплекта приемопередатчиков ВЧ защиты ПВЗ-90М	78
9. Рекомендации по эксплуатации ВЧ канала защиты	114
9.1 Текущая эксплуатация	114
9.2. Первый профконтроль	115
9.3. Профвосстановление	116
Приложение 1.	118
Приложение 2	123
Приложение 3	124
Литература	127

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основным видом релейной защиты линий электропередачи (ЛЭП) напряжением 110 кВ и выше является высокочастотная (ВЧ) защита. Особенностью ВЧ защит является необходимость создания канала передачи информации по ЛЭП. Эта информация передается с помощью высокочастотных приемопередатчиков, входящих в комплект защиты наряду с ее релейной частью.

До недавнего времени большинство ВЧ защит было оснащено приемопередатчиками типов ПВЗК, ПВЗД и УПЗ-70, выполненными с использованием электронных ламп. Эти приемопередатчики устарели морально и физически, некоторые из них эксплуатируются более 20 лет. В связи с этим в последние годы идет интенсивная замена их на более современные аппараты, использующие микроэлектронику. Этому способствует то, что выпуск новых приемопередатчиков ведется не только традиционным их производителем — Одесским заводом “Нептун” (тип ПВЗ), но и Московским заводом ОЗАП (тип ПВЗЛ), Екатеринбургским НПО “Автоматика” (тип ПВЗУ), Могилевским заводом “Зенит” (типы ПВЗ-90 и ПВЗ-90М) [1].

В настоящей брошюре рассмотрены принципы организации ВЧ канала связи и выполнения ВЧ защит. Основное внимание в ней уделено приемопередатчику ПВЗ-90М, который успешно эксплуатируется в ряде энергосистем. Дано описание принципов его работы, структурной схемы, характеристик и методики его наладки и эксплуатации. Описание принципиальных схем узлов аппаратуры, имеющееся в заводской документации, не приводится.

В 1998 г. завод усовершенствовал приемопередатчик ПВЗ-90М и с 1999 г. выпускает модификацию ПВЗ-90М1, в которой внесены изменения в принципиальные схемы некоторых блоков. Принципы выполнения приемопередатчика не изменились, поэтому настоящая брошюра может быть полезна и при изучении ПВЗ-90М1.

1. Каналы высокочастотной связи по линиям электропередачи

1.1. Структура канала

Каналом высокочастотной (ВЧ) связи по линии электропередачи (ЛЭП) называется канал, использующий в качестве линии связи провода ЛЭП. Чаще всего ВЧ каналы образуются по воздушным линиям электропередачи (ВЛ), при этом используются как фазные провода ВЛ (фазы), так и грозозащитные тросы. Каналы релейной защиты, как правило, образуются по фазным проводам.

На рис.1.1 показана структурная схема канала ВЧ связи по ВЛ. Источник и приемник информации И/П, находящиеся на противоположных сторонах канала, связаны с аппаратурой уплотнения АУ, которая на передающей стороне преобразует информацию в ВЧ сигналы, а на приемной стороне производит обратное преобразование. Аппаратура уплотнения связывается с ВЛ с помощью аппаратуры присоединения АП. Участок ВЛ, по которому образуется канал ВЧ связи, отделяется от остальной сети электропередачи с помощью аппаратуры обработки АО. Использование аппаратуры обработки и присоединения является характерной особенностью ВЧ каналов по ВЛ. Ее назначение: с одной стороны — отделить аппаратуру уплотнения от ЛЭП, находящейся под высоким напряжением, а с другой стороны — обеспечить прохождение ВЧ сигналов по ЛЭП. Использование сигналов высокой частоты облегчает разделение канала связи и ЛЭП, по которой передается электроэнергия на промышленной частоте. Однако частота этих сигналов не может быть слишком большой, так как в линейном тракте эти сигналы ослабляются. Степень их ослабления называется затуханием a , которое зависит от частоты сигналов f , длины линии l , и конструктивных особенностей ЛЭП. В первом приближении эта зависимость может быть выражена как [2]:

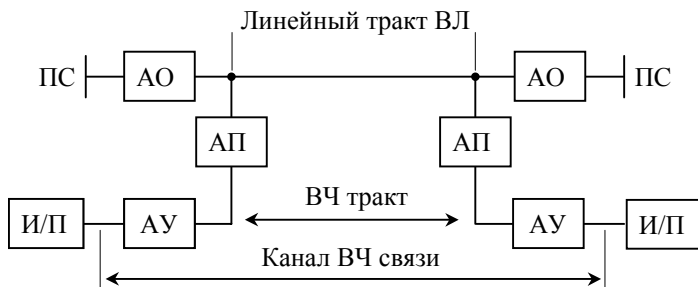


Рис.1.1. Структурная схема канала ВЧ связи по ВЛ

$$a = 20 \lg (K_1 \sqrt{f} + K_2 f) \cdot l, \text{ дБ}, \quad (1.1)$$

где f — частота канала, кГц; l — длина линии, км; K_1 и K_2 — коэффициенты, зависящие от конструктивных параметров линии.

Единицей измерения затухания является децибел (см. 1.4).

1.2. Особенности ВЧ связи по ВЛ

Основным преимуществом ВЧ канала по ВЛ является его высокая надежность. Надежность линий электропередачи значительно выше надежности воздушных и кабельных линий связи благодаря высокой прочности линейных проводов и поддерживающих конструкций (опор). Линии электропередачи повреждаются только при мощных природных воздействиях таких, как ураган, гроза или очень сильный гололед, в то время как воздушные линии связи повреждаются при сильном ветре, сравнительно небольших гололедных образованиях, а кабели повреждаются землеройными механизмами, при оползнях, половодьях и др.

Во многих случаях линия электропередачи является кратчайшим путем, связывающим энергетические предприятия (например, подстанции), между которыми нужны каналы связи. При организации ВЧ канала отпадает необходимость в строительстве линий проводной связи, а также,

и это еще важнее, в организации их эксплуатации. Эксплуатация ВЛ, требующая специальной линейной службы с большим количеством персонала, ведется независимо от организации по ней каналов связи.

По этим причинам затраты на сооружение и эксплуатацию каналов ВЧ связи по проводам ВЛ значительно меньше аналогичных затрат на каналы по специальным воздушным, кабельным или радиорелейным линиям связи. В то же время использование для связи проводов ВЛ связано с рядом трудностей.

Линия электропередачи не всегда идет между двумя подстанциями. Большое распространение имеют линии с ответвлениями, когда на трассе линии от нее ответвляется линия, заходящая на свою подстанцию. В ответвлениях поглощается часть энергии передаваемых сигналов. При этом возрастает затухание линейного тракта канала ВЧ связи и увеличивается неравномерность частотной характеристики этого затухания.

Конфигурация сети высокого напряжения не остается неизменной. С появлением новых потребителей энергии в линии врезаются новые подстанции, что часто приводит к необходимости реконструировать каналы связи, идущие по этим линиям. Эта реконструкция бывает связана со сложной перестройкой или даже заменой аппаратуры связи, установкой дополнительных устройств обработки и присоединения и т.п.

Характеристики ВЧ трактов не остаются постоянными во времени. При изменении схемы включения оборудования высокого напряжения или количества ВЛ, подключенных к шинам подстанции, несколько изменяются условия нагрузки проводов ВЛ на подстанции, что, в свою очередь, изменяет характеристики линейных трактов каналов ВЧ связи. Эти характеристики могут изменяться также при повреждениях (коротких замыканиях и обрывах проводов). Увеличение затухания линейного тракта в этих случаях особенно существенно при работе каналов ВЧ связи для релейной защиты и противоаварийной автоматики.

Между каналами ВЧ связи, образованными по разным ВЛ, возможны взаимные влияния. Это обусловлено гальванической связью между различными ВЛ, заходящими на общие шины подстанции, а также

электромагнитной связью, если две линии проходят на небольшом расстоянии одна от другой или если они подвешены на общих опорах. Особенно велики могут быть взаимные влияния между каналами связи, образованными по проводам одной ВЛ. Взаимные влияния между линейными трактами различных ВЧ каналов вызывают трудности при выборе частот этих каналов и накладывают ограничения на общее количество каналов ВЧ связи, которые могут быть осуществлены в пределах одной энергосистемы.

Транспозиция линейных проводов симметрирует линию только на низкой частоте, когда расстояние между пунктами транспозиции намного меньше длины волны. На высокой частоте между соседними пунктами транспозиций укладывается несколько десятков длин волн, поэтому пункты транспозиции не симметрируют линию, а являются местами нарушения её однородности, вызывающими увеличение потерь энергии высокочастотных сигналов.

Наличие высокого напряжения промышленной частоты на проводах линии вызывает электрические разряды в воздухе вблизи поверхности проводов (коронирование) и разряды по поверхности изоляторов. Эти разряды создают электрические помехи во всем спектре частот ВЧ связи по ВЛ. Поэтому каналы связи по этим линиям характеризуются высоким уровнем электрических помех. К помехам от коронирования проводов и разрядов по поверхности изоляторов добавляются еще помехи, возникающие при оперативных переключениях (коммутациях) оборудования, а также помехи при аварийных режимах линии, например, при коротких замыканиях.

Волны перенапряжений, которые возникают на ВЛ при грозовых перекрытиях и коммутационных переключениях, через устройства присоединения частично попадают на вход ВЧ аппаратуры и могут вызвать её повреждение. Особенно велики перенапряжения, возникающие на элементах аппаратуры обработки. Приходится применять специальные меры по защите этой аппаратуры от перенапряжений.

Наличие на линии высокого напряжения осложняет эксплуатацию аппаратуры каналов ВЧ связи. Плановая или послеаварийная ревизия аппаратуры обработки связана с необходимостью отключения ВЛ, а это в свою очередь связано с ослаблением надежности электроснабжения. Часто по условиям режима работы энергосистемы отключение линии невозможно осуществить в течение длительного времени. Испытания и ревизии устройств присоединения должны производиться в непосредственной близости от проводов линии высокого напряжения. Эта работа регламентирована жесткими правилами техники безопасности.

Несмотря на отмеченные трудности, ВЧ связь получила во многих странах широкое распространение. В России и странах СНГ этот вид связи является основным средством дальней межобъектной связи в энергетике. Каналы ВЧ связи по ВЛ осуществляются почти на всех линиях с напряжением 110 кВ и выше.

1.3. Аппаратура обработки и присоединения

Аппаратура обработки — это высокочастотный заградитель (ВЗ), состоящий из силового реактора (РЗ) и элемента настройки (ЭН), соединенных параллельно. Заградитель включается в рабочий провод ВЛ между линейным разъединителем и точкой подключения аппаратуры присоединения.

Заградитель является, с одной стороны, элементом линии электропередачи, а с другой стороны — элементом ВЧ канала. Как элемент линии, он пропускает через реактор ток линии и подвергается воздействию всех изменений этого тока. В этой части работы заградитель характеризуется высокоточными параметрами.

Как элемент ВЧ канала заградитель является полосовым фильтром, сопротивление которого в пределах определенной полосы частот не

опускается ниже заданного значения. Это значение устанавливается выше входного сопротивления линейного тракта, благодаря чему этот тракт не шунтируется низким входным сопротивлением подстанции. Низкое входное сопротивление для высокой частоты обусловлено тем, что шины и оборудование подстанции имеют большую емкость относительно земли. Работа заградителя, как элемента ВЧ канала, характеризуется его высокочастотными параметрами.

Сильноточными параметрами заградителя являются.

Индуктивность реактора на промышленной частоте. В настоящее время выпускаются реакторы с номинальной индуктивностью 0,5 и 1,0 мГн.

Номинальный рабочий ток — максимальное действующее значение тока промышленной частоты, который может протекать по реактору неограниченно долгое время без недопустимого перегрева реактора и элемента настройки. Этот ток должен быть не меньше максимального тока нагрузки линии. Выпускаются реакторы на токи от 630 до 4000 А.

Ток термической стойкости — предельно допустимое значение установившегося тока к.з., при котором не происходит недопустимого перегрева реактора и элемента настройки в течение определенного времени. Это время обычно принимается равным 1 секунде и ток называется односекундным.

Ток электродинамической стойкости или ударный ток — самое большое значение тока к.з. в максимуме первого полупериода (при наибольшей аperiodической составляющей), которое заградитель должен выдержать без повреждений.

Потери на промышленной частоте — потери мощности в заградителе при протекании по нему номинального рабочего тока.

В таблице 1.1 приведены сильноточные параметры ВЧ заградителей серии ВЗ, выпускаемых в настоящее время промышленностью.

Таблица 1.1

Параметр	Тип заградителя				
	ВЗ-630-0,5	ВЗ-1250-0,5	ВЗ-2000-0,5	ВЗ-2000-1,0	ВЗ-4000-0,5
Среднее значение индуктивности на промышленной частоте, мГн	0,547	0,536	0,576	1,027	0,521
Среднее значение индуктивности на высокой частоте, мГн	0,530	0,496	0,530	0,975	0,475
Собственная емкость, пФ	30	23	86	50	100
Номинальный рабочий ток, А	630	1250	2000	2000	4000
Ток термической стойкости, кА	16	31,5	40	40	40
Ток электродинамической стойкости, кА	41	80	100	100	100
Потери на промышленной частоте, кВт	5,0	8,5	16,0	23,0	40,0

К высокочастотным параметрам заградителя относятся:

Индуктивность реактора на высокой частоте. Ее значение несколько ниже индуктивности на промышленной частоте за счет явления поверхностного эффекта. Значение индуктивности определяет другие параметры заградителя.

Затухание, вносимое заградителем, — затухание, вносимое в согласованный линейный тракт при подсоединении заградителя параллельно входу тракта. При этом сопротивление подстанции принимается равным нулю. Величина затухания определяется сопротивлением заградителя. Если задать допустимую величину вносимого затухания, то можно определить минимально допустимое значение сопротивления заградителя. Сопротивление заградителя — комплексная величина, но для каналов защиты учитывается только его активная составляющая.

Международными нормами задается максимально допустимое значение вносимого затухания 2,6 дБ. При этом сопротивление заградителя должно быть $r_{з.мин.} = 1,43 \cdot Z_C$, где Z_C — характеристическое сопротивление линейного тракта. Значение Z_C различно для линий электропередачи различного класса по напряжению, оно находится в пределах 300–450 Ом. Отсюда $r_{з.мин.} = 430\text{--}640$ Ом.

Полоса заграждения — полоса частот, в пределах которой сопротивление заградителя не опускается ниже заданного значения $r_{з.мин.}$. Полоса заграждения определяется индуктивностью реактора, схемой и параметрами элемента настройки. В прошлом заградители в каналах защиты настраивались на заданную частоту по схеме одночастотной резонансной настройки, при которой реактор с элементом настройки представляет собой параллельный резонансный контур.

Современные заградители серии ВЗ настраиваются по широкополосным схемам. При этом реактор с элементом настройки представляет собой фильтр, входное сопротивление которого в пределах полосы заграждения не опускается ниже $r_{з.мин.}$. Схемы фильтров содержат два или три резонансных контура, используется также схема фильтра верхних частот (рис.1.2).

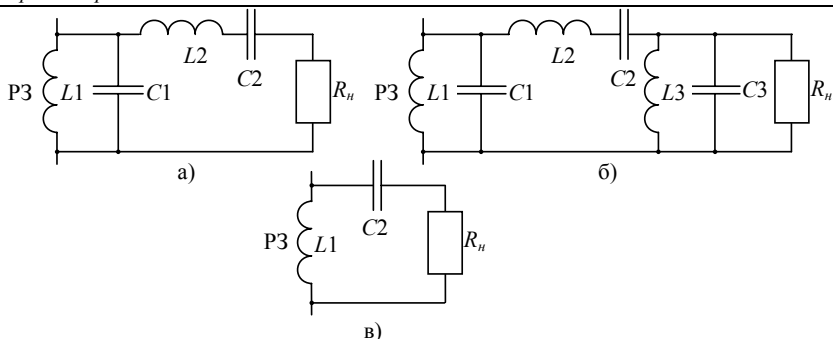


Рис.1.2. Схемы ВЧ заградителей

(а – двухконтурная, б - трехконтурная, в – фильтра верхних частот)

Заградители серии ВЗ с индуктивностью реактора 0,5 мГн оснащаются универсальным элементом настройки типа ЭНУ-0,5-40, который содержит необходимые детали фильтра. Элемент настройки имеет 19 модификаций, каждая из которых рассчитана на определенный тип реактора и на определенную полосу заграждения (диапазон). Эти данные приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Частотные диапазоны заградителей серии ВЗ

Тип заградителя	Линейное напряжение, кВ	$r_{з.мин.}$, Ом	Номер диапазона, полоса частот заграждения, кГц
ВЗ-630-0,5	110 и 220	630	I (36 — 42); II (40 — 48); III (47 — 60); IV (59 — 82); Y (74 — 118); YI (100 — 200); YII (160 — 1000)
ВЗ-1250-0,5	220 и 330	470	I (36 — 44); II (43 — 57); III (50 — 70); IV (60 — 95); Y (80 — 164); YI (145 — 1000)

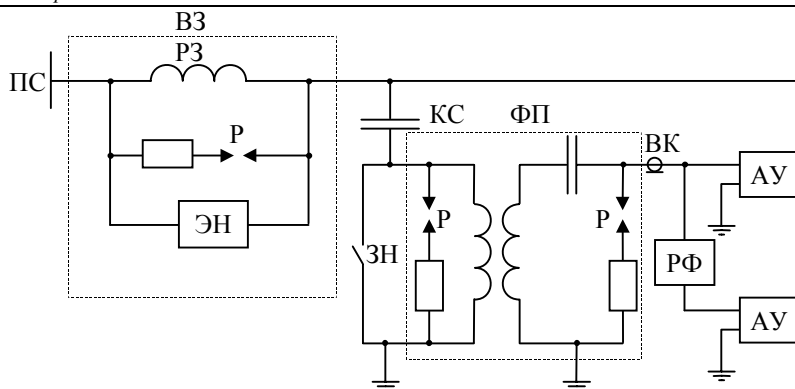
Таблица 1.2 (продолжение)

Тип заградителя	Линейное напряжение, кВ	$r_{з.мин.}$, Ом	Номер диапазона, полоса частот заграждения, кГц
ВЗ-2000-0,5	500 и 750	440	I (36 — 47); II (45 — 65); III (50 — 77); IV (60 — 95); V (80 — 164); VI (145 — 1000)
ВЗ-2000-1,0	500 и 750	440	I (36 — 66); II (50 — 146); III (70 — 1000)
ВЗ-4000-0,5	1150	340	I (36 — 50); II (48 — 80); III (75 — 270)

Особой проблемой для ВЧ заградителей является защита элемента настройки от перенапряжений, возникающих при нестационарных режимах в высоковольтной сети. С этой целью реактор заградителя шунтируется специальным разрядником.

Возможны различные схемы присоединения ВЧ аппаратуры к фазным проводам, но практическое применение находят две схемы фаза-земля и фаза-фаза. Схема фаза-земля в России и странах СНГ имеет наибольшее распространение.

Схема присоединения фаза-земля показана на рис.1.3. В этой схеме ВЧ аппаратура присоединяется к одному из проводов линии и земле. Этот провод линии называется рабочим проводом или рабочей фазой данного ВЧ канала. К рабочему проводу линии подключается конденсатор связи КС. Между нижней обкладкой КС и землей включается фильтр присоединения ФП, который с помощью высокочастотного кабеля ВК соединяется с аппаратурой уплотнения канала связи АУ. Конденсатор связи, фильтр присоединения и ВЧ кабель являются элементами устройства присоединения.



Нижняя обкладка КС соединена с землей через линейную катушку ФП или через отдельный ВЧ дроссель. Линейная катушка ФП или ВЧ дроссель имеют малое сопротивление на промышленной частоте, вследствие чего для токов этой частоты нижнюю обкладку КС можно считать заземленной. Фильтр присоединения ФП вместе с КС образуют полосовой фильтр, через который ВЧ сигналы передаются от ВЧ кабеля в провода ВЛ, а также в обратном направлении. Этот фильтр должен быть согласован со входными сопротивлениями линии и кабеля. Поскольку КС является элементом полосового фильтра, то все параметры ФП приспособляются к заданному значению емкости этого конденсатора.

Для защиты элементов ФП и ВЧ аппаратуры от волн перенапряжения, проникающих в устройство присоединения через КС, параллельно линейной обмотке ФП включен разрядник Р. Этот разрядник обычно размещается в кожухе фильтра присоединения.

Для обеспечения безопасности работ с фильтром присоединения предусматривается возможность заземления нижней обкладки конденсатора связи. Для этой цели служит заземляющий нож ЗН. Фильтр присоединения с разрядником и заземляющий нож монтируются на той же конструкции, на которой устанавливается конденсатор связи, непосредственно под рабочим проводом ВЛ в том месте, где эта линия заходит на территорию подстанции.

Высокочастотная аппаратура уплотнения располагается либо в линейно-аппаратном цехе (ЛАЦ) связи, либо в помещении релейного щита станции или подстанции, где смонтирована аппаратура релейной защиты и автоматики. Расстояние от ЛАЦ или релейного щита до места установки КС составляет от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Поэтому ФП соединяется с ВЧ аппаратурой с помощью ВЧ кабеля ВК.

К одному ВЧ кабелю может присоединяться несколько ВЧ аппаратов. Для ослабления взаимного влияния между ними применяются разделительные фильтры РФ. Применение РФ целесообразно не только для уменьшения взаимного влияния между аппаратурой уплотнения различных каналов, но и для удобства эксплуатации этой аппаратуры. При наличии РФ ревизию одного из аппаратов можно производить, не нарушая работы параллельных каналов даже при случайном закорачивании линейной цепи ревизируемого аппарата.

Конденсатор связи представляет собой бумажно-масляный конденсатор, заключенный в фарфоровый цилиндр с ребрами. Цилиндр с обеих сторон армирован металлическими фланцами, к которым присоединены нижняя и верхняя обкладки конденсатора. Конденсатор может состоять из одного или нескольких элементов, устанавливаемых один на другой в виде колонки.

Основными характеристиками конденсатора связи являются номинальная емкость и рабочее напряжение. Эти параметры отражены в обозначениях конденсаторов. Если конденсатор составляется из нескольких элементов, то их общая емкость уменьшается пропорционально их числу, а рабочее напряжение — соответственно увеличивается. Данные конденсаторов связи, используемых при организации ВЧ каналов по фазным проводам ВЛ 35-750 кВ приведены в табл.1.3.

Фильтр присоединения вместе с КС образует полосовой фильтр, назначение которого — согласовать линейный тракт с ВЧ кабелем и пропустить определенную полосу частот. Поэтому основными параметрами фильтра являются затухание несогласованности и рабочее затухание в пределах полосы пропускания.

Таблица 1.3

Данные конденсаторов связи

Элемент конденсатора	Номинальное действующее напряжение, кВ	Ёмкость одного элемента, пФ	Линейное действующее напряжение, кВ	Число элементов на фазу	Ёмкость присоединения, пФ
СМР-66/ $\sqrt{3}$ -4,4У1	38	4400	110	2	2200
СМРБ-66/ $\sqrt{3}$ -4,4У1			110	2	2200
СМП-110/ $\sqrt{3}$ -6,4У1	63,5	6400	110	1	6400
СМПБ-110/ $\sqrt{3}$ -6,4У1			110	1	6400
СМРБ-110/ $\sqrt{3}$ -6,4У1			220	2	3200
			330	3	2140
СМИ-166/ $\sqrt{3}$ -14У1	96	14000	330	2	7000
СМБ-166/ $\sqrt{3}$ -14У1			500	3	4650
СМИ-188/ $\sqrt{3}$ -12У1	109	12000	750	4	3000

Затухание несогласованности характеризует степень несогласованности входа фильтра с его нагрузкой, оно определяется по формуле:

$$A_{nc} = 20 \lg(Z_{вх} + Z_n)/(Z_{вх} - Z_n), \text{ дБ.} \quad (1.2)$$

В этом выражении $Z_{вх}$ — входное сопротивление фильтра; Z_n — сопротивление нагрузки, которой для линейной стороны фильтра является линейный тракт. Сопротивление линейного тракта равно Z_c .

Если входное сопротивление фильтра со стороны линии $Z_{вх}=Z_c$, то затухание несогласованности $A_{nc}=\infty$. Чем хуже схема присоединения согласована с линейным трактом, тем меньше затухание несогласованности. Международными нормами допускается $A_{nc,мин}=12 \text{ дБ}$.

Рабочее затухание системы присоединения определяется потерями в ее элементах. Допускаемое максимальное значение затухания $a_{p, \max} = 2$ дБ.

Значение затухания вне полосы пропускания фильтра не нормируется.

Современные фильтры присоединения, выпускаемые промышленностью, рассчитаны для работы с конденсатором связи определенной емкости. Они имеют фиксированные границы полос пропускания (диапазоны). Данные фильтров типа ФПМ приведены в табл.1.4.

Таблица 1.4

**Электрические данные фильтров присоединения
 серии ФПМ для схемы фаза-земля**

Номер модификации	Емкость присоединения, пФ	Линейное напряжение, кВ	Z_c , Ом	$Z_{\text{вх}}$, Ом	Полоса пропускания, кГц
1 2	2200	110	450	587 560	74 — 193 116 — 1000
3 4	6400	110	450	581 560	36 — 256 51 — 1000
5 6 7	3200	220	450	581	36 — 63 50 — 124 76 — 1000
8 9	7000	330	330	439	36 — 124 47 — 1000
10 11 12	4650	500	310	405	36 — 64 50 — 127 75 — 1000
13 14 15 16 17 18	3000	750	280	362	36 — 48 45 — 65 50 — 76 60 — 103 80 — 180 125 — 1000

В качестве высокочастотного кабеля в схемах присоединения обычно используются радиочастотные коаксиальные кабели. В этих кабелях по оси проходит медный проводник, окруженный слоем изоляции. По-

верх изоляции расположен внешний цилиндрический проводник, являющийся обратным проводом. Параметрами кабеля являются волновое сопротивление и коэффициент затухания на единицу длины. У наиболее распространенных кабелей серии РК волновое сопротивление равно 75 Ом, а километрическое затухание — 1,6 — 1,9 дБ/км.

Разделительный фильтр, как правило, включается в цепь входа/выхода аппаратуры телефонной связи в тех случаях, когда она подключается к ВЧ кабелю параллельно с аппаратурой канала релейной защиты. Фильтр должен пропускать частоты канала телефонной связи и запереть частоты канала защиты. Фильтр обычно выполняется по схеме параллельного контура и настраивается на частоту канала защиты.

1.4 Уровни передачи и приема

В технике связи принято выражать мощности передаваемых и принимаемых сигналов в относительных мерах — уровнях. При этом различают относительный и абсолютный уровни сигналов. *Относительным уровнем* сигнала p называется величина, равная десяти логарифмам отношения мощности P данного сигнала к мощности P_0 , уровень которой принимается за нулевой

$$p=10 \cdot \lg(P/P_0) \quad (1.3)$$

Единицей измерения уровней является децибел (дБ). Один децибел соответствует отношению мощностей $P / P_0=1,26$.

В технике связи мощность, соответствующая нулевому уровню, принята равной 1 мВт. Уровень сигнала, определенный по отношению к мощности в 1 мВт, называется *абсолютным*. Уровень может быть как положительным, (когда $P > P_0$), так и отрицательным (когда $P < P_0$).

Уровни передачи и приема могут также определяться по напряжениям или токам соответствующих сигналов. При этом необходимо оговаривать не только напряжение, соответствующее нулевому уровню, но и

сопротивление цепи, на которой измеряется напряжение. Абсолютный уровень по напряжению определяется по формуле:

$$p = 20 \cdot \lg(U / U_0), \quad (1.4)$$

где U_0 - напряжение нулевого уровня, т.е. напряжение, при котором в данном сопротивлении выделяется мощность в 1 мВт.

В технике дальней связи за номинальные значения сопротивлений обычно принимаются 600 и 75 Ом. Напряжения нулевого уровня соответственно составляют 0,775 и 0,274 В.

В уровнях можно выражать также усиление или ослабление (затухание) элементов тракта связи. Например, если известны входная $P_{вх}$ и выходная $P_{вых}$ мощности усилителя, то его коэффициент усиления по мощности $K = P_{вых} / P_{вх}$ в уровнях (дБ) выразится $K = 10 \cdot \lg(P_{вых} / P_{вх})$. Если задать мощности в абсолютных уровнях, то

$$K = p_{вых} - p_{вх} \text{ (дБ)}. \quad (1.5)$$

Затухание тракта определяется как

$$a = p_{вх} - p_{вых} \text{ (дБ)}. \quad (1.6)$$

Усиление и затухание можно определить и через напряжения, например,

$$\begin{aligned} a &= 10 \cdot \lg(P_{вх} / P_{вых}) = 10 \cdot \lg(U_{вх}^2 \cdot Z_{н} / U_{вых}^2 \cdot Z_{вх}) = \\ &= 20 \cdot \lg(U_{вх} / U_{вых}) + 10 \cdot \lg(Z_{н} / Z_{вх}), \text{ дБ}, \end{aligned} \quad (1.7)$$

где $U_{вх}$, $U_{вых}$ — соответственно входное и выходное напряжения тракта, $Z_{вх}$, $Z_{н}$ — входное и нагрузочное сопротивления.

Если

$$Z_{вх} = Z_{н}, \text{ то } a = 20 \cdot \lg(U_{вх} / U_{вых}), \text{ дБ}. \quad (1.8)$$

В технической литературе до недавнего времени широко применялось определение уровней в неперлах:

$$p = 0,5 \cdot \ln(P / P_0) . \quad (1.9)$$

Определение уровней в неперлах допускается при описании физических явлений, например при изучении условий распространения волн в длинных линиях. При всех технических расчетах затухание определяется в децибелах.

Между уровнями сигналов, выраженными в неперлах и децибелах, существуют соотношения:

$$1Hn = 8,69 \text{ дБ};$$

$$1\text{дБ} = 0,115 Hn;$$

$$p, Hn = 0,115 \cdot p, \text{ дБ};$$

$$p, \text{дБ} = 8,69 \cdot p, Hn.$$

Таблица абсолютных уровней приведена в приложении 3.

2. Принципы действия высокочастотной релейной защиты

Устройства релейной защиты ВЛ служат для быстрого отключения линии при возникновении на ней повреждения, например короткого замыкания (КЗ). При этом линия должна быть отключена с обеих сторон, чтобы предотвратить нарушение электроснабжения потребителей и разрушение аппаратуры. Поврежденная линия должна быть отключена по возможности быстро. Современные быстродействующие защиты дают возможность это сделать за 0,1 - 0,2 с. При большем времени отключения возможны значительные повреждения оборудования, нарушение работы энергосистемы, выход из синхронизма отдельных блоков или станций.

Отключение линий должно производиться селективно, т.е. в первую очередь должна быть отключена только поврежденная линия. Для этого релейная защита должна отличать короткие замыкания на защищаемых участках от замыканий на других участках - внешних коротких замыканий. С этой целью производится обмен информацией между двумя полуккомплектами защиты, установленными по концам линии. Информация передается по каналу высокочастотной связи, создаваемому по проводам защищаемой линии. Релейные защиты, использующие каналы высокочастотной связи, называются высокочастотными.

Структурная схема ВЧ защиты на одном из концов защищаемой линии показана на рис.2.1. Схема содержит пусковой орган ПО, реагирующий орган РО, исполнительный орган ИО и приемопередающую аппаратуру канала ВЧ связи.

Пусковой орган фиксирует появление повреждения в некоторой зоне, размеры которой определяются его чувствительностью, но не устанавливает, на какой ВЛ произошло повреждение. Пусковой орган подготавливает цепь отключения выключателя и при определенных условиях запускает передатчик канала ВЧ связи. Реагирующий орган на основании обработки результатов измерений токов и напряжений на данном конце и информации, принятой по каналу связи с противоположного конца линии,

устанавливает наличие или отсутствие повреждения на защищаемой линии. В первом случае РО подает сигнал на исполнительный орган ИО, который воздействует на цепь отключения выключателя.

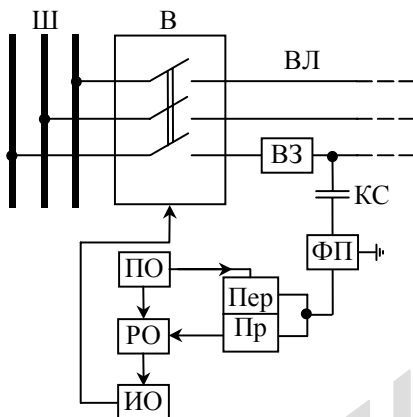


Рис.2.1. Структурная схема полукompлекта ВЧ защиты

В России и странах СНГ применяют высокочастотные защиты, в которых по высокочастотному каналу передаются блокирующие сигналы, запрещающие отключение линии при внешнем коротком замыкании. Защита действует на отключение линии при коротком замыкании на ней, когда блокирующие сигналы не передаются по каналу связи. При отсутствии к.з. сигналы по линии не передаются.

Направленные и дистанционные защиты с высокочастотной блокировкой построены по принципу сравнения направления потоков мощности по концам защищаемой линии. При внешнем коротком замыкании мощность направлена на одном конце от шин в линию, а на другом - от линии к шинам. Высокочастотный блокирующий сигнал передается с того конца линии, где мощность направлена к шинам. Он представляет собой непрерывную посылку, длящуюся до тех пор, пока существует к.з. На другом конце линии, где мощность направлена от шин, этот сигнал принимается приемником, детектируется и в виде постоянного тока поступает в реагирующий орган защиты. При этом действие защиты на отключение блокируется (запрещается).

При коротком замыкании на защищаемой линии мощность на обоих концах линии направлена от шин и блокирующие сигналы не передаются. Линия отключается с обеих сторон релейными комплектами независимо друг от друга.

Направленная защита фиксирует направление мощностей соответствующими органами и останавливает пущенные при коротком замыкании высокочастотные передатчики на тех подстанциях, где мощность направлена от шин в линию.

В дистанционных защитах пущенные передатчики останавливаются направленными реле сопротивления, которые кроме определения направления мощности измеряют сопротивление линии до места короткого замыкания.

Дифференциально-фазная защита (ДФЗ) сравнивает фазы токов по концам защищаемой линии. При внешнем коротком замыкании токи по концам линии противоположны по фазе, при коротком замыкании на защищаемой линии токи короткого замыкания по концам линии совпадают по фазе.

Защита сравнивает фазы токов по концам линии и отключает выключатели, если замыкание произошло на защищаемой линии. Передача фазы тока осуществляется по высокочастотному каналу при помощи амплитудной манипуляции несущей частоты передатчика. Манипуляция производится напряжением, пропорциональным току короткого замыкания. Токи высокой частоты при этом передаются в виде прерывистых сигналов, длительность которых, так же как и пауз между ними, примерно равна половине периода промышленной частоты.

Частоты передатчиков, установленных на противоположных концах линии, одинаковы (или незначительно смещены в некоторых случаях). Приемники на обеих сторонах канала принимают ВЧ сигналы как от своего, так и от противоположного передатчика и преобразуют их в постоянный ток. Этот ток при отсутствии ВЧ сигнала имеет фиксированное значение, а при приеме - уменьшается до нуля. С выхода приемника ток поступает в релейную часть защиты.

При внешних коротких замыканиях паузы между сигналами своего передатчика заполняются сигналами противоположного конца, поэтому на вход приемника поступает сплошной сигнал и ток приема на выходе приемника равен нулю (рис.2.2, а). Защита блокируется.

При коротком замыкании на защищаемой линии фаза тока на одном из концов линии изменяется на угол около 180° . Импульсы и паузы высокочастотного сигнала обоих передатчиков появляются на входах приемников одновременно, поэтому ток приема также имеет вид импульсов постоянного тока (рис.2.2, б).

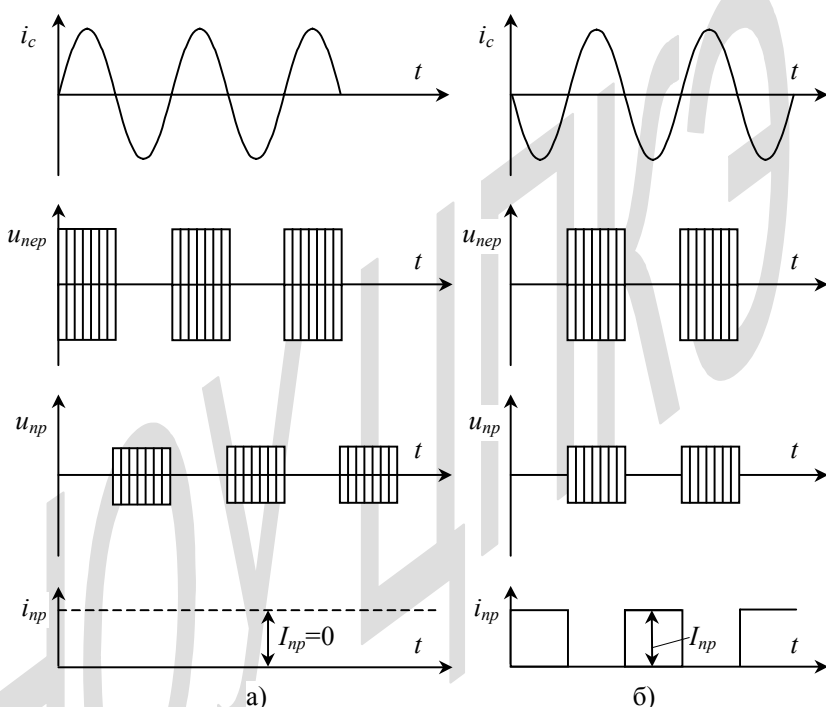


Рис.2.2. Работа дифференциально-фазной защиты
а) внешнее к.з.; б) к.з. на защищаемой линии

Импульсы тока приема, трансформируясь, попадают на реле в органе сравнения фаз, подготавливающее цепь отключения выключателя линии. Среднее значение тока в реле органа сравнения фаз зависит от

разности фаз токов суммирующих устройств по концам линии. Эта зависимость является основной характеристикой ДФЗ. При внешнем коротком замыкании разность фаз получается равной 180° и ток в реле равен нулю. В области, называемой зоной блокировки, ток в реле меньше тока срабатывания и защита не работает. Защита срабатывает, если при повреждении на ВЛ, при котором сработали пусковые органы, расхождение фаз токов составляет не более $115-135^\circ$.

При отсутствии высокочастотного сигнала с противоположного конца защита также действует на отключение.

Полупроводниковая защита (ППЗ) получила свое наименование не по принципу действия, а по используемой элементной базе, чтобы отличить ее от старых релейно-контактных защит. В полупроводниковых защитах используются те же принципы направленной, дистанционной, дифференциально-фазной защит, иногда в комбинации. Соответственно и принципы работы приемопередатчиков остаются теми же. Некоторое отличие состоит в том, что выходным параметром приемника является не ток, а постоянное напряжение, поступающее в релейную часть. При отсутствии ВЧ сигнала уровень этого напряжения низкий, а при его наличии - высокий.

3. Характеристики приемопередатчика и ВЧ канала релейной защиты

Как следует из изложенного в гл.2, функция приемопередатчика состоит в передаче с одной стороны линии и приеме на другой ее стороне высокочастотных сигналов. Управление передачей сигналов выполняет релейная часть защиты. Она же получает от приемника принятые сигналы в виде постоянного тока или напряжения.

Для выполнения указанных функций приемопередатчик должен в самом простом варианте иметь структурную схему, приведенную на рис.3.1. Он должен содержать в передающей части генератор ГЕН на заданную частоту, ключ Кл, управляемый от релейной части, усилитель Ус, обеспечивающий необходимую выходную мощность, линейный фильтр ЛФ, улучшающий форму кривой выходного напряжения. Приемная часть должна содержать входной фильтр ВФ, выделяющий сигналы только своей частоты. Этот фильтр может быть включен последовательно с линейным фильтром ЛФ. За фильтром включается пороговое устройство ПУ, пропускающее только сигналы с амплитудой, превышающей заданный порог и тем защищающее приемник от помех. Затем эти сигналы поступают на детектор Дет, выпрямляющий ВЧ сигнал и преобразующий его в постоянный ток, который усиливается выходным усилителем ВУ и поступает в релейную часть.

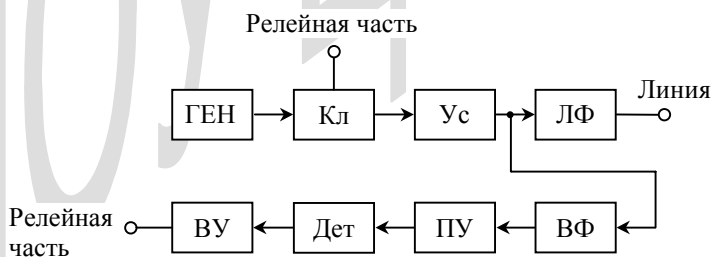


Рис.3.1. Структурная схема приемопередатчика

Схема рис.3.1 послужила основой для выполнения приемопередатчиков типов ПВЗК и УПЗ-70, которыми в течение многих лет оснащались ВЧ защиты. Эта же схема с некоторыми усовершенствованиями использована в приемопередатчиках АВЗК-80 и в ныне выпускаемых ПВЗ и ПВЗЛ.

Канал связи, оснащенный такими приемопередатчиками, характеризуется следующими параметрами.

Перекрываемое затухание канала $a_{прк}$ есть затухание, которое способна преодолеть аппаратура (приемопередатчик). Оно зависит от мощности передатчика, обычно выражаемой через уровень передачи $p_{пер}$ и минимально допустимого уровня принимаемого сигнала $p_{пр.мин.}$

$$a_{прк} = p_{пер} - p_{пр.мин.}, \text{ (дБ)}. \quad (3.1)$$

Величина перекрываемого затухания определяет либо максимально возможную длину линии электропередачи, на которой может работать канал (если задана частота канала и класс напряжения ЛЭП), либо максимально возможную частоту канала, если задана длина и параметры ЛЭП.

Реальное затухание высокочастотного тракта $a_{тр}$ канала защиты должно быть меньше величины $a_{прк}$ на определенную величину, называемую *запас по перекрываемому затуханию* $a_{зап}$.

$$a_{прк} = a_{тр} + a_{зап} \quad (3.2)$$

Запас необходим на случай, если затухание канала увеличится при гололеде или если несколько изменятся параметры аппаратуры $p_{пер}$ или $p_{пр.мин.}$

Значение запаса принимается:

$$a_{зап} = 13 + \Delta a_{гол} \text{ (дБ)} \text{ для ламповых приемопередатчиков.}$$

$$a_{зап} = 8 + \Delta a_{гол} \text{ (дБ)} \text{ для транзисторных приемопередатчиков.}$$

В этих выражениях $\Delta a_{\text{гол}}$ - дополнительное затухание тракта, обусловленное гололедно-изморозевыми отложениями. Значение $\Delta a_{\text{гол}}$ определяется тем, в каком районе по гололеду размещается данный канал [3].

Уровень передачи $p_{\text{пер}}$ определяется выходной мощностью передатчика. Чем выше этот уровень, тем больше перекрываемое затухание канала связи. Однако эта мощность ограничена, в основном, конструктивными соображениями. У современных приемопередатчиков $p_{\text{пер}} = +45$ дБ, что соответствует мощности 30 Вт.

Рабочая частота канала выбирается в диапазоне частот 36-600 кГц или для некоторых приемопередатчиков — до 1000 кГц. В этом диапазоне частота каналов защиты может выбираться с шагом (дискретностью) в 0,5 кГц для более низких и 1 кГц для более высоких частот.

В большинстве случаев при работе на двухконцевой линии оба приемопередатчика (передатчики и приемники) настраиваются на одну частоту. В ряде случаев при работе на линиях длиной более 100 км импульсы передатчиков диффазной защиты, отраженные от противоположного конца линии, попадают в паузы, что искажает фазную характеристику защиты. Для ослабления отраженных сигналов частоты двух передатчиков на таких линиях разносятся на 1,5 кГц, при этом каждый приемник настраивается на частоту противоположного передатчика. Из-за сдвига частот сигнал своего передатчика ослабляется в приемнике на 6 - 10 дБ и отраженные сигналы не проходят на его выход [4].

При работе канала на трехконцевых линиях возможны биения между сигналами двух передатчиков, поступающих на вход третьего приемника. Для того, чтобы эти биения не влияли на работу защиты, увеличивают частоту биений [4]. С этой целью на трехконцевых линиях частоты трех передатчиков устанавливаются со сдвигом в 0,5 кГц, а все приемники настраиваются на центральную частоту.

Рабочая полоса частот определяется полосой пропускания системы линейный фильтр + входной фильтр приемника. Ширину этой полосы желательно иметь минимальной из соображений помехоустойчивости приемника. Однако уменьшение полосы приводит к увеличению запазды-

вания сигнала в приемнике, т.е. фазовой погрешности. Поэтому минимальное значение полосы в приемниках защиты устанавливается 1,2 кГц. Это значение может быть реализовано только на низких рабочих частотах, на более высоких частотах оно увеличивается. При этом ухудшается помехоустойчивость и избирательность (см. далее) приемника. Этот недостаток преодолен в приемопередатчиках ПВЗ-90 и ПВЗ-90М (см.гл.4).

Порог чувствительности приемника — это значение уровня или напряжения полезного сигнала на входе приемника, при котором ток (напряжение) на его выходе изменяется на установленную величину от исходного значения. Величина изменения обычно устанавливается 10% от максимального тока. Порог чувствительности определяется из амплитудной характеристики приемника — зависимости тока (напряжения) на его выходе от уровня или напряжения сигнала на входе. Часто эту характеристику называют характеристикой чувствительности. На рис.3.2 приведены такие характеристики для случаев работы приемопередатчика с направленной и диффазной защитами. При возрастании входного напряжения выше порога чувствительности происходит изменение тока выхода. Значение уровня или напряжения входного сигнала, при котором ток выхода отличается от конечного значения на 10%, называется при работе с направленными защитами *порогом насыщения*, а при диффазных — *порогом запирания*. Отношение этих порогов к порогу чувствительности называется крутизной характеристики и обычно не превышает 1,3. В идеальном случае оно должно быть равно 1. В приемниках ПВЗ-90 и ПВЗ-90М крутизна близка к 1, поэтому вместо указанных выше порогов можно использовать один параметр — *чувствительность*.

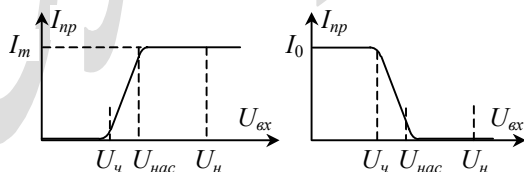


Рис.3.2. Характеристика чувствительности приемника
а) направленная защита; б) дифференциально-фазная защита

Каждый тип приемопередатчика характеризуется гарантированным значением порога чувствительности $p_{ч.анн}$. Это значение определяет максимальную чувствительность приемника, которую он обеспечивает при работе в канале без помех. При работе в реальном канале, где существуют помехи, уровень порога чувствительности устанавливается выше уровня помех от короны. Это делается для того, чтобы при к.з. в защищаемой зоне помехи не прошли на выход приемника и не заблокировали бы защиту. При этом на линиях высоких классов по напряжению (330 кВ и выше) уровень порога чувствительности устанавливается выше $p_{ч.анн}$, т.е. приемник загрубляется.

Минимально допустимый уровень принимаемого сигнала $p_{пр.мин}$ при расчетах перекрываемого затухания по формуле (3.1) принимается равным порогу запираения или насыщения приемника.

Однако реально уровень принимаемого сигнала на входе приемника должен быть выше порога не менее, чем на 3 дБ. Это необходимо для обеспечения правильной работы защиты при внешних к.з.. При отключении внешнего к.з. выключателем возникают интенсивные коммутационные помехи, которые могут сорвать блокирующий сигнал и вызвать излишнее срабатывание защиты. Если сигнал выше порога на 3 дБ, то вероятность его срыва достаточно мала. Требуемое превышение учитывается при выборе значения запаса по перекрываемому затуханию.

Избирательность приемника характеризует защищенность приемника от влияния других каналов связи. Сигналы этих каналов являются помехой для канала защиты. Если эта помеха пройдет на выход приемника, она может вызвать ложную блокировку защиты при к.з. в зоне. Избирательность может быть выражена, как

$$A_{изб.} = p_{ч.пом} - p_{ч.анн}, \text{ дБ}, \quad (3.3)$$

где $p_{ч.пом}$ — уровень помехи на входе аппаратуры, при котором происходит такое же изменение тока выхода приемника, как и при уровне полезного сигнала $p_{ч.анн}$.

Избирательность обеспечивается фильтрами, через которые проходит принимаемый сигнал, следовательно, она возрастает при увеличении расстройки частоты помехи относительно частоты канала защиты. Значения избирательности всегда связываются с расстройкой. Избирательность является важным параметром аппаратуры, т.к. она определяет допустимые разносы между частотами различных ВЧ каналов, что является одной из основных проблем при проектировании.

4. Основные особенности приемопередатчика ПВЗ-90М

Приемопередатчик ПВЗ-90М, как и его предшественник ПВЗ-90, является универсальным приемопередатчиком, предназначенным для работы со всеми типами ВЧ защит на линиях электропередачи всех классов по напряжению. Его параметры — уровень выходного сигнала и чувствительность — позволяют устанавливать его на существующие каналы защиты взамен приемопередатчиков ПВЗК, ПВЗД, УПЗ-70 и АВЗК-80.

Вместе с тем ПВЗ-90М и ПВЗ-90 имеют перед этими приемопередатчиками, а также перед ПВЗ и ПВЗЛ существенное преимущество — значительно более высокую избирательность [5].

Перечисленные приемопередатчики построены на основе рассмотренной схемы рис.3.1, которая в радиотехнике называется схемой прямого усиления. Эта схема характеризуется низкой избирательностью, обусловленной тем, что входной и линейный фильтры настраиваются на рабочую частоту канала. С ростом частоты увеличивается полоса пропускания этих фильтров и, как следствие, падает избирательность при заданной расстройке от рабочей частоты канала. Для повышения избирательности в приемник вводится дополнительный входной фильтр, однако это не дает принципиальной разницы.

Приемник аппаратуры ПВЗ-90 и ПВЗ-90М имеет более высокую избирательность благодаря тому, что он выполнен по схеме с преобразованием частоты, известной в радиотехнике как супергетеродинная схема. Отличие этой схемы (см.5.1) от схемы прямого усиления в том, что в ней после входного фильтра включается преобразователь частоты (смеситель) ПЧ, имеющий два входа. На первый подается принимаемый сигнал, а на второй — напряжение от вспомогательного генератора-гетеродина. Частота этого генератора $f_{гет}$ устанавливается такой, чтобы разность между ней и частотой сигнала $f_{сигн}$ была всегда постоянной $f_{гет} - f_{сигн} = Const$ (или $f_{сигн} - f_{гет} = Const$). В приемниках, рассчитанных на разные частоты сигнала, устанавливаются соответственно разные частоты гетеродинов. Например, при $f_{сигн} = 56$ кГц устанавливается $f_{гет} = 156$ кГц и $f_{гет} - f_{сигн} = 100$ кГц. При $f_{сигн} = 480$ кГц устанавливается $f_{гет} = 380$ кГц и $f_{сигн} - f_{гет} = 100$ кГц. Эта разностная частота называется *промежуточной*.

В преобразователе частоты, представляющем собой нелинейную систему, напряжения сигнала и гетеродина взаимодействуют, в результате чего в выходном напряжении преобразователя присутствуют различные комбинационные частоты: суммы частот сигнала и гетеродина, их разности, гармоники и т.д. На выходе преобразователя включается фильтр ФПЧ, пропускающий только промежуточную (разностную) частоту. Сигнал с выхода ФПЧ идет далее в схему приемника — на ПУ, Дет, ВУ.

Высокая избирательность приемника с преобразованием частоты обусловлена тем, что фильтр ФПЧ, имеющий постоянную частоту настройки, не зависящую от рабочей частоты приемника, может быть выполнен с относительно узкой полосой пропускания и весьма высокой избирательностью. Например, в ПВЗ-90 и ПВЗ-90М фильтр ФПЧ настроен на $f_{\text{пром}}=100$ кГц, имеет полосу пропускания 2 кГц, и избирательность не менее 30 дБ при расстройке на 3 кГц относительно центральной частоты.

Заметим теперь, что если частота сигнала, поступающего на вход приемника, отличается от номинальной частоты приемника $f_{\text{сигн}}$ на некоторую величину Δf , то и промежуточная частота на выходе ПЧ будет отличаться от своего номинального значения на ту же величину Δf . Действительно: $(f_{\text{сигн}} + \Delta f) - f_{\text{гет}} = f_{\text{пром}} + \Delta f$. Если номинальная частота приемника в рассмотренном выше примере равна $f_{\text{сигн}}=480$ кГц, а на входе присутствует мешающий сигнал другого канала с частотой 483 кГц, то на выходе ПЧ будет частота 103 кГц, на которой ФПЧ имеет избирательность 30 дБ. Мешающий сигнал будет ослаблен на эту величину. В приемнике прямого усиления полоса пропускания входного фильтра вместе с ЛФ для частоты 480 кГц составляет 10 кГц, т.е. мешающий сигнал с частотой 483 кГц попадет в полосу пропускания и вообще не будет ослаблен.

На рис.4.1 приведены сравнительные характеристики избирательности приемников ПВЗ-90М (ПВЗ-90) и АВЗК-80. Из графиков видно, что при одинаковых расстройках избирательность ПВЗ-90М на 15-20 дБ выше, чем у АВЗК-80.

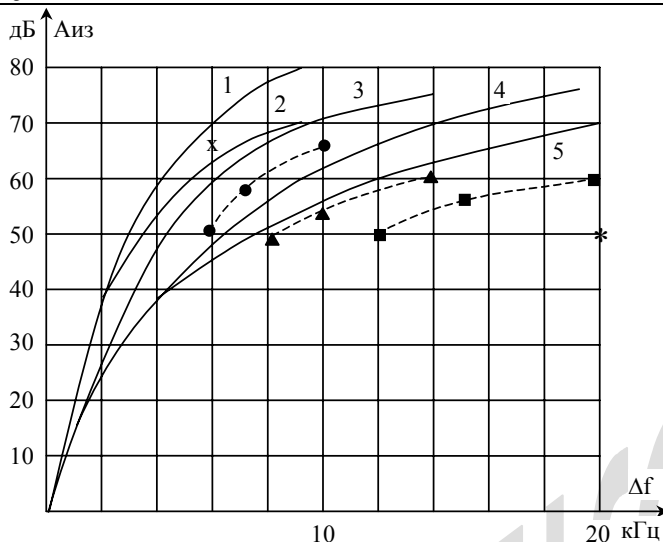


Рис.4.1. Характеристики избирательности приемников ПВЗ-90М и АВЗК-80.
ПВЗ-90М: 1 - 36-120 кГц; 2 - 120-200 кГц; 3 – 200-300 кГц; 4 - 300-500 кГц;
5 – 500-600 кГц.
АВЗК-80: х - 50 кГц; • - 100 кГц; ▲ - 200 кГц; ■ - 300 кГц; * - 500 кГц.

Супергетеродинная схема обладает некоторыми особенностями. Если номинальная частота приемника совпадает или близка к промежуточной частоте, то приемник работает неустойчиво. Поэтому в приемниках ПВЗ-90 и ПВЗ-90М для диапазона рабочих частот 90,5 - 110,5 кГц устанавливается значение промежуточной частоты 80 кГц.

Если на вход преобразователя частоты с частотой гетеродина $f_{гет}$ поступит не сигнал с номинальной частотой $f_{сигн}$, а помеха, отстоящая по частоте от $f_{гет}$ на величину $f_{пром}$, но в противоположную сторону, чем $f_{сигн}$, то на выходе ПЧ образуется частота $f_{пром}$, которую пропустит ФПЧ. К примеру, при $f_{сигн} = 480$ кГц и $f_{гет} = 380$ кГц при помехе с частотой $f_{пом} = 280$ кГц получится $f_{гет} - f_{пом} = 100$ кГц (рис.4.2). Такая частота помехи называется *зеркальной*. Чтобы она не прошла в приемник, ее необходимо заградить до входа ПЧ. Эту функцию выполняет входной фильтр ВФ. Этим объясняется его включение в схему приемника, хотя основную избирательность приемника обеспечивает ФПЧ. Зеркальная частота отлича-

ется от номинальной частоты на $2 \cdot f_{\text{пром}}$, при такой большой расстройке входной фильтр обеспечивает достаточную избирательность.

Преобразователь частоты ПЧ имеет нелинейную амплитудную характеристику. При увеличении входного напряжения сигнала выше некоторого граничного значения $U_{\text{г.лин}}$ выходное напряжение промежуточной частоты ограничивается (рис.4.3).

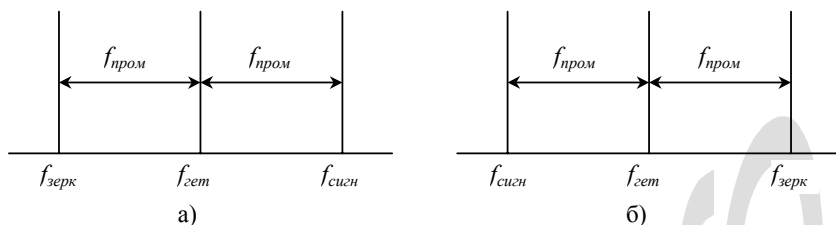


Рис.4.2.Расположение рабочей и зеркальной частот

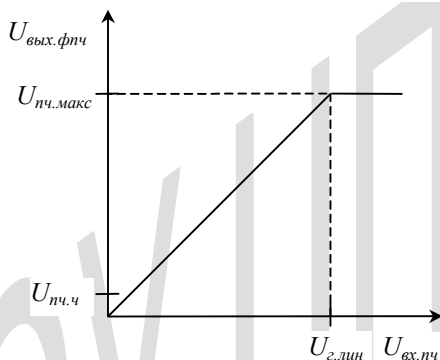


Рис.4.3.Амплитудная характеристика преобразователя частоты с ФПЧ

На входе ПЧ, кроме полезного сигнала, может присутствовать помеха от какого-либо соседнего ВЧ канала, прошедшая через входной фильтр ВФ, не обладающий достаточной избирательностью. Эта помеха не пройдет через фильтр ФПЧ в последующие узлы приемника, однако она не безвредна. Если сумма напряжений сигнала и помехи на входе ПЧ превысит значение $U_{\text{г.лин}}$, то напряжение полезного сигнала на выходе ФПЧ снизится по сравнению с его значением при отсутствии помехи, то есть произойдет подавление сигнала помехой. Степень подавления полез-

ного сигнала зависит от соотношения напряжений сигнала и помехи на входе ПЧ: чем оно меньше, тем больше снижается сигнал.

Приемник будет принимать сигнал до тех пор, пока напряжение на выходе ФПЧ будет превышать значение $U_{пч.ч}$ соответствующее чувствительности приемника. Отсюда можно сделать вывод, что для уменьшения влияния помехи желательно, чтобы максимальное значение напряжения на выходе ФПЧ — $U_{пч.макс.}$ как можно больше превышало значение $U_{пч.ч}$. Однако для такого увеличения существует предел, обусловленный следующим.

При поступлении на вход ФПЧ манипулированного сигнала форма огибающей импульсов на выходе ФПЧ близка к трапеции, но на заднем фронте каждого импульса наблюдается дополнительный всплеск, амплитуда которого не превышает 8% амплитуды основного импульса (рис.4.4).

Если амплитуда основного импульса превосходит значение $U_{пч.ч}$, то на выходе приемника появляются импульсы тока, причем длительно-сти импульсов и пауз между ними примерно равны (рис. 4.5, а). При повышении амплитуды импульса длительности пауз несколько возрастают, а импульсов — уменьшаются (рис. 4.5, б). Но если напряжение на выходе ФПЧ увеличится так, что амплитуда дополнительного всплеска превзойдет значение $U_{пч.ч}$, то длительности импульсов и пауз будут существенно искажены (рис. 4.5, в).

Для того чтобы этого не произошло (в частности, при работе собственного передатчика), нужно ограничить рост входного напряжения ФПЧ, тем самым ограничив его выходное напряжение. Предельно допустимое значение напряжения на выходе ФПЧ — $U_{пч.макс.}$ не должно превышать $U_{пч.ч}$ более, чем в 10 раз.

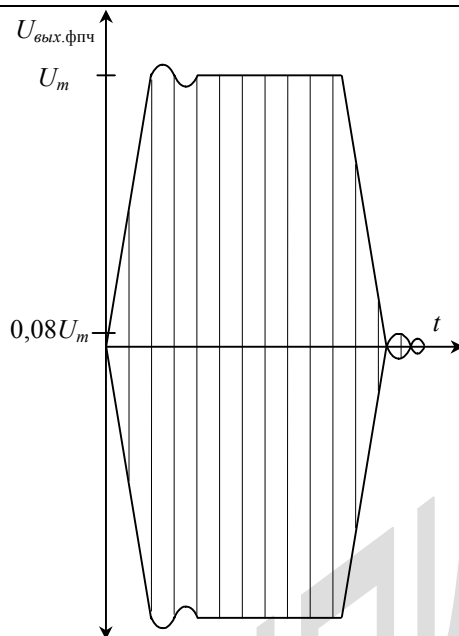


Рис.4.4. Форма импульса на выходе ФПЧ

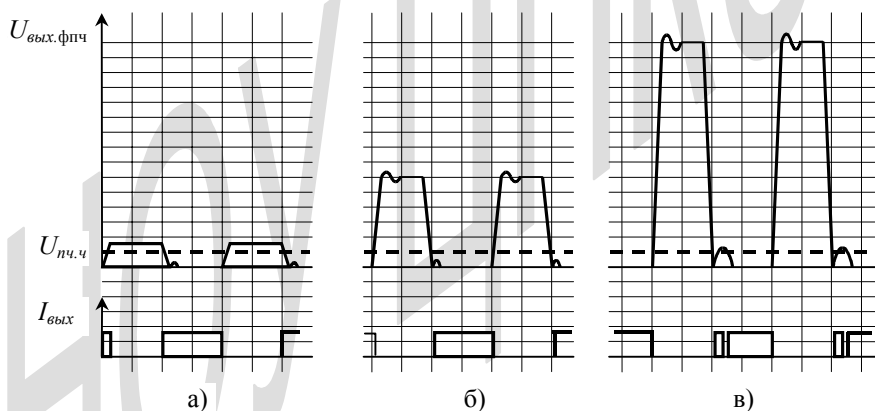


Рис.4.5. Зависимость импульсов тока выхода приемника от величины напряжения на выходе ФПЧ.

Регулировка требуемых соотношений обеспечивается путем установки порога срабатывания порогового устройства ПУ и значения напря-

жения сигнала на входе ПЧ. Эта установка производится при заводской наладке аппаратуры.

Амплитудная характеристика усилителя высокой частоты УВЧ, включенного в приемнике перед ПЧ, регулируется так, чтобы предел линейности изменения его выходного напряжения был существенно выше напряжения $U_{г.лин}$ преобразователя частоты (рис.4.3). При этом УВЧ не влияет на описанные выше процессы.

Приемопередатчик ПВЗ-90М имеет, кроме описанных, еще ряд отличий от других приемопередатчиков. Они относятся к системам автоконтроля, телефонной связи, электропитания. Оригинальными являются схемные решения узлов и элементов приемопередатчика.

5. Структурная схема и принцип действия ПВЗ-90М

5.1. Передача и прием сигналов защиты

Структурная схема ПВЗ-90М приведена на рис.5.1, схема размещения блоков в корпусе — на рис.5.2. Передатчик включает в себя генератор высокой частоты ГУНн, размещенный в блоке ГСЧ (генератор сетки частот). Генератор непрерывно вырабатывает сигнал ВЧ, имеющий рабочую частоту канала защиты.

Этот сигнал подается в блок управления УПР, осуществляющий его коммутацию в соответствии с управляющими сигналами, поступающими от релейной части защиты. В зависимости от типа используемой защиты блок УПР производит пуск ВЧ сигнала (контактный и безынерционный), останов, манипуляцию, ручной пуск от кнопок. Кроме этого, пуск производится от устройства автоконтроля канала и от кнопки ПРД-ПРМ в блоке ПРМ1 при телефонной связи.

Сигнал от блока УПР поступает на усилитель мощности МУС, обеспечивающий требуемый уровень сигнала на выходе передатчика. В блоке МУС имеется также устройство согласования СОГЛ, обеспечивающее работу линейного фильтра ЛФ на согласованную нагрузку в режиме приема сигналов с линии. В блоке МУС расположен модулятор МОД, используемый для телефонной связи (см.5.3).

Линейный фильтр ЛФ служит для улучшения формы кривой выходного напряжения передатчика и для обеспечения роста входного сопротивления приемника со стороны линии при отстройке от рабочей частоты канала защиты. Последнее необходимо при параллельной работе канала защиты с другими ВЧ каналами.

В тракте приема сигнал от противоположного передатчика поступает на ЛФ, а с него - на вход приемника в блок ПРМ1. Сигнал от своего передатчика поступает на вход приемника с выхода МУС.

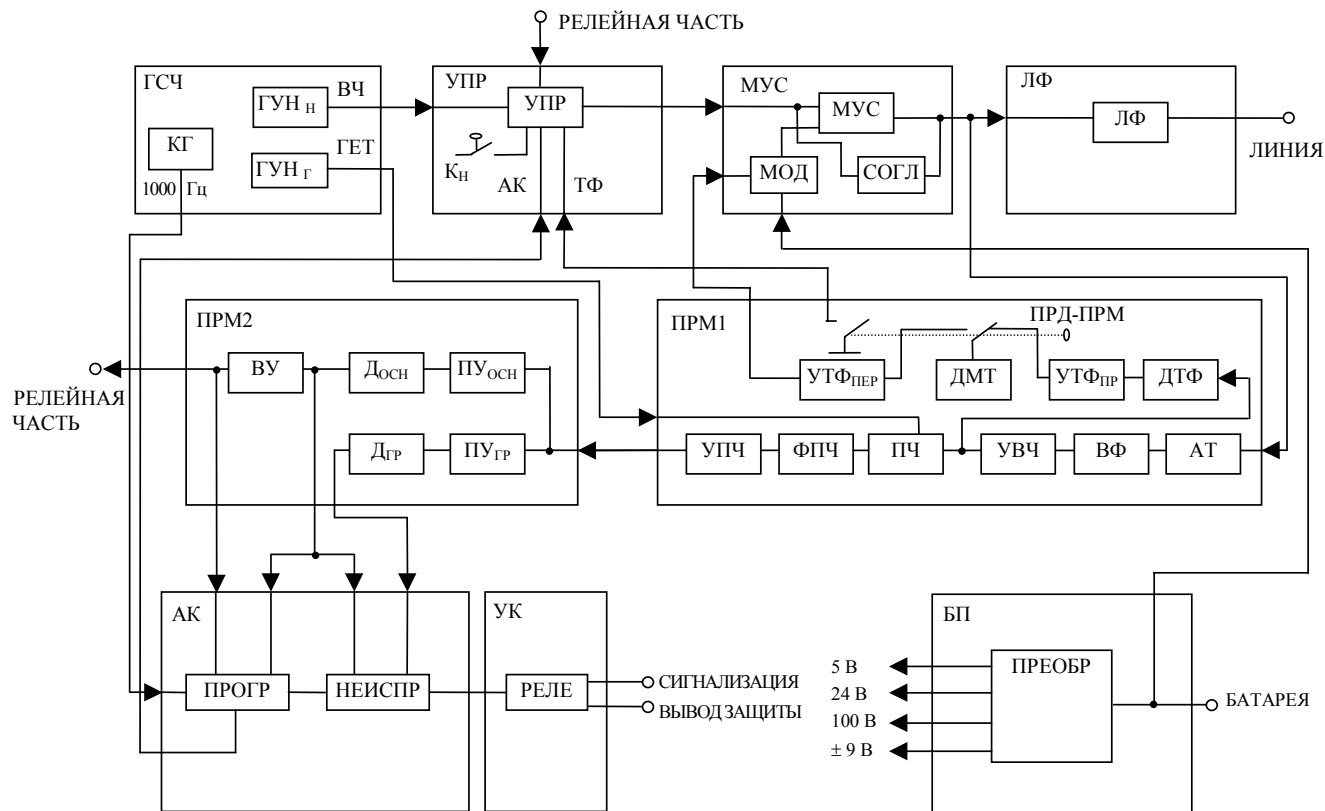


Рис.5.1. Структурная схема приемопередатчика ПВЗ-90М.

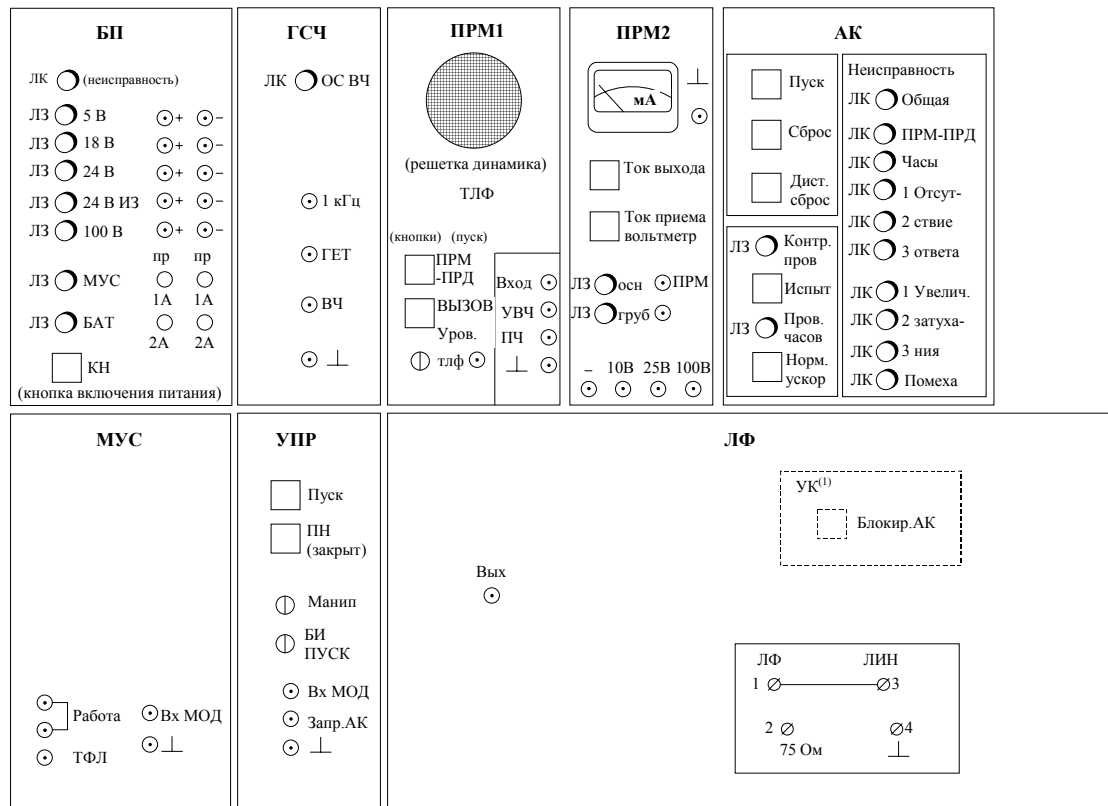


Рис.5.2. Расположение блоков в корпусе ПВЗ-90М (☐ - лампа; ☐ - штекерное гнездо; ☐ - предохранитель; \varnothing - зажим; \perp - шлиц)

⁽¹⁾ располагается на задней стенке корпуса

На входе блока ПРМ1 включен аттенуатор (делитель напряжения) АТ, с помощью которого при необходимости уменьшается чувствительность приемника.

На выходе аттенуатора АТ включен входной фильтр ВФ, служащий, в основном, для заграждения сигналов зеркальной частоты.

Затем следует усилитель высокой частоты УВЧ, усиление которого определяет номинальную чувствительность приемника.

С выхода УВЧ сигнал поступает на вход преобразователя частоты ПЧ. На второй его вход подается напряжение от гетеродина ГУНг, находящегося в блоке ГСЧ.

С выхода преобразователя ПЧ сигнал поступает на фильтр промежуточной частоты ФПЧ.

С выхода ФПЧ сигнал поступает на усилитель промежуточной частоты УПЧ, а с его выхода — на параллельно соединенные входы двух пороговых устройств — основного приемника ПУ_{осн} и грубого ПУ_{гр}, расположенных в блоке ПРМ2.

Основной приемник служит для приема рабочих сигналов, передаваемых в релейную часть защиты, грубый — для оценки запаса по затуханию канала в цикле автоконтроля. Пороговое устройство пропускает на выход сигналы, амплитуда которых превосходит установленный порог его срабатывания. Порог срабатывания ПУ_{гр} обычно устанавливается на 9-10 дБ выше порога ПУ_{осн}.

За каждым пороговым устройством включается детектор со сглаживающим фильтром Д_{осн} и Д_{гр}, на выходах которых образуется постоянное напряжение. Эти напряжения поступают на блок автоконтроля АК.

Напряжение с детектора Д_{осн} поступает также на выходной усилитель приемника ВУ. Этот усилитель работает в ключевом режиме, изменяя выходной ток приемника при релейно-контактных защитах или напряжение при полупроводниковых. Для диффазной защиты ток выхода в нормальном режиме имеет максимальное значение, а при приеме сигнала — нулевое; для направленной защиты — наоборот, для полупроводниковой

защиты выходное напряжение в нормальном режиме имеет низкий уровень, а при приеме сигнала — высокий.

5.2. Работа автоконтроля

Приемопередатчик ПВЗ-90М оснащен встроенным устройством автоматического контроля исправности. Устройство может работать на двух и трехконцевых линиях. Контроль охватывает приемопередатчики на всех концах защищаемой линии и канал связи между ними. Проверяется целостность канала и достаточность запаса по затуханию. Автоконтроль производится периодически. Период может быть выбран либо 5ч.33мин. либо 33мин.20с.

Никакой синхронизации работы устройств автоконтроля на разных концах канала не требуется.

Каждый передатчик на линии через указанные интервалы времени посылает ВЧ сигнал (запрос), который принимается приемниками как на других концах канала, так и на своем. После этого все передатчики поочередно в определенные для каждого из них интервалы времени посылают ответные сигналы. Прием ответных сигналов фиксируется приемниками на всех концах канала. Фиксация производится в тракте основного приемника до его выхода. Кроме того с помощью грубого приемника проверяется достаточность запаса по перекрываемому затуханию канала. Если уровень сигнала на входе приемника снизится так, что запас (превышение сигнала над установленной чувствительностью приемника) станет менее 9-10 дБ или другой установленной величины, то грубый приемник не примет этот сигнал, что зафиксирует устройство автоконтроля.

Если в цикле автоконтроля как основной, так и грубый приемники правильно фиксируют ответные сигналы, то устройство автоконтроля без какой-либо сигнализации перейдет в исходный режим до очередного момента контроля. Если же какой-либо из ответов не будет зафиксирован одним или обоими приемниками, то передатчик, пославший запрос, через 200с произведет повторный контроль по той же программе, что и первый.

Если и при повторном контроле не будет зафиксирован тот же ответ, что при первом, то производится сигнализация и защита выводится из действия.

Отсутствие ответа в ряде случаев обнаруживается и на других концах канала и на них не позже чем через 200с проводится внеочередная проверка канала по программе, описанной выше. Если в результате этой и повторной проверки будет зафиксирована неисправность, то и на этих концах произойдет сигнализация и вывод защиты из действия.

Если же противоположный конец из-за повреждения не примет сигнал запроса, то его устройство автоконтроля обнаружит неисправность при своем очередном цикле контроля.

Если в тот промежуток времени, когда защита выведена только на одном конце линии, произойдет к.з., защита может работать неправильно. Однако вероятность совпадения момента к.з. с интервалом времени, когда защита выведена только на одном конце, весьма мала.

Мощная помеха, возникающая при коммутационных операциях, может ложно запустить устройство автоконтроля. При этом моменты запуска на разных концах линии скорее всего не совпадут по времени и ответные сигналы не будут приняты в свое время или не возникнут вообще. После этого устройство АК в течение 200 с будет запущено по своей программе и только в том случае, если дважды зафиксирует одну и ту же неисправность, произойдет сигнализация и вывод защиты.

Предусмотрена возможность посылки команды на сброс сигнализации неисправности с одного конца линии на другой, если там нет персонала.

В случае неисправности самого блока автоконтроля он может быть выведен из действия и извлечен из стойки без нарушения работы приемопередатчика. Контроль работы канала при этом производится вручную по приборам.

5.3. Служебная телефонная связь

Приемопередатчик ПВЗ-90М оснащен устройством для наладочной телефонной связи. Как и в ранее выпускавшихся приемопередатчиках, связь осуществляется в полудуплексном режиме.

Для телефонной связи используется динамический микрофон ДМТ, расположенный в узле ПРМ1. Он переключается в режим микрофона или телефона кнопкой ПРД-ПРМ. При передаче сигнал микрофона усиливается усилителем УТФ_{пер} в блоке ПРМ1 и поступает на модулятор МОД в блоке МУС. Передача телефонных сигналов по каналу производится путем амплитудной модуляции выходного сигнала передатчика. Модуляция выполняется изменением питания выходного каскада МУС, которое осуществляет модулятор в соответствии с сигналом микрофона.

В тракте приема сигнал телефона выделяется с выхода фильтра ВФ, детектируется ДТФ и усиливается усилителем УТФ_{прм}, после чего поступает в телефон ДМТ.

5.4. Измерения, сигнализация и индикация

Приемопередатчик ПВЗ-90М оснащен измерительным прибором для измерения тока выхода передатчика и тока (напряжения) приема, а также вторичных напряжений питания. Наличие этих напряжений индицируется светодиодами, а их пропадание сигнализируется и приводит к выводу защиты.

На лицевую панель выведены измерительные гнезда для контроля режима в основных узлах схемы. Предусмотрена возможность осциллографирования тока МУС и тока приема.

При фиксации неисправности устройство автоконтроля замыкает контакты внешней сигнализации, размыкает контакты для вывода защиты, а также индицирует вид повреждения с помощью светодиодов.

5.5. Электропитание

Приемопередатчик питается от аккумуляторной батареи 220/110 В. При этом питание оконечного каскада МУС осуществляется непосредственно от батареи, а питание остальных элементов схемы, включая АК, — через стабилизированный блок питания БП. Блок питания содержит преобразователь ПРЕОБР постоянного напряжения в переменное 25 кГц с последующей трансформацией его до необходимых значений и выпрямлением для питания различных элементов схемы. В блоке осуществляется стабилизация выходного напряжения методом широтно-импульсного регулирования потребляемого тока. Благодаря этому достигается высокий КПД блока питания. Напряжения питания микросхем дополнительно стабилизируются.

Частота каждого генератора ГУН, выполненного на микросхеме, определяется емкостью конденсатора С11 и управляющим напряжением, подаваемым от схемы стабилизации частоты.

Частоты обоих генераторов стабилизируются с помощью кварцевого генератора КГ, имеющего частоту 4096 кГц, вне зависимости от частоты приемопередатчика. Частота кварцевого генератора делится до значения 4 кГц делителем Д1 и подается на входы двух схем стабилизации частоты СТ_г. На второй вход каждой из этих схем подается частота генератора ГУНг или ГУНн, также поделенная до значения 4 кГц. Это деление выполняется делителями с переменным коэффициентом деления ДПДКД.

Схема СТ_г представляет собой компаратор, сравнивающий фазы импульсов 4 кГц, поступающих от кварцевого и стабилизируемого генераторов. На выходе этой схемы получается импульсная последовательность с частотой 8 кГц, скважность которой зависит от отклонения частоты ГУН от номинального значения, задаваемого КГ. Постоянную составляющую этой последовательности, зависящую от скважности, выделяет фильтр нижних частот ФНЧ с частотой среза 750 Гц и подает ее на управляющий вход ГУН. При отклонении частоты ГУН от номинального значения управляющее напряжение изменяется так, что эта частота возвращается к номинальной.

Делитель Д2 делит частоту КГ до значения 1 кГц. Импульсы 1 кГц поступают в блок АК.

6.2. Блок УПР

Блок УПР — блок управления передачей сигналов (рис.6.2) предназначен для управления передатчиком в соответствии с сигналами, полученными от релейной части защиты, при автоматическом контроле и телефонном разговоре, а также для ручного управления. Блок имеет два режима работы: УПР-РКЗ для релейно-контактных защит и УПР-ППЗ — для полупроводниковых.

Управление передатчиком осуществляют два коммутирующих элемента — электронные ключи ЭК-1 и ЭК-2. Первый служит для управления передатчиком от релейно-контактных защит и пусковых кнопок (ПУСК и ПН), а второй — для управления от полупроводниковых защит, кнопок, блока АК и телефонных цепей ТФ. На входы обоих ключей подаются импульсы высокой частоты от блока ГСЧ через контакт ВЧ. В нормальном режиме оба ключа не пропускают сигналы на выход. При пуске импульсы ВЧ поступают с выхода ключей на вход блока МУС.

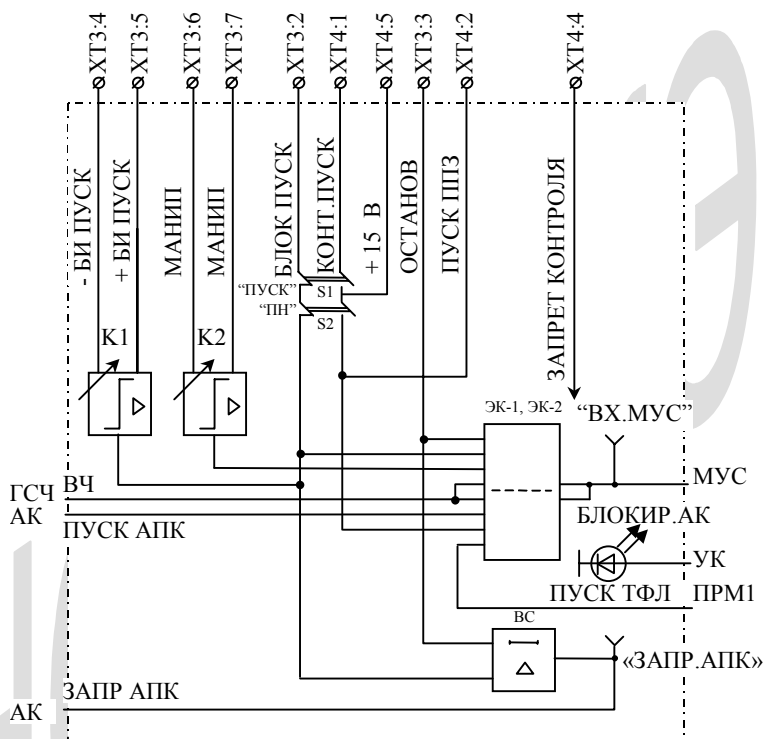


Рис.6.2.Функциональная схема блока УПР

При работе с релейно-контактными защитами на блок от релейной части защиты поступают сигналы, управляющие пуском, остановом, манипуляцией, в соответствии с которыми коммутируются сигналы ВЧ .

Пуск может быть контактный, безынерционный (при управлении напряжением), ручной. Контактный пуск передатчика производится разрывом нормально-замкнутого контакта в релейной части защиты. В нормальном режиме через этот контакт подается напряжение 100 В на контакт “Конт.Пуск”.

Схема безынерционного пуска состоит из компаратора К1 и схемы задержки возврата безынерционного пуска на 0,4-0,6 с. Компаратор определяет порог срабатывания безынерционного пуска, который можно регулировать потенциометром.

Ручной пуск производится аналогично контактному при разрыве цепи 100 В кнопками ПУСК без фиксации или ПН с независимой фиксацией.

Останов передатчика при РКЗ производится нормально-разомкнутым контактом в релейной части защиты. В исходном состоянии на контакт “Останов” напряжение не подается. При замыкании контакта в релейной части защиты на контакт “Останов” поступает напряжение 100 В и ВЧ импульсы на выход ЭК-1 не проходят.

При работе с диффазной защитой, кроме указанного выше, осуществляется манипуляция ВЧ сигнала передатчика напряжением, поступающим с блока манипуляции защиты на контакты “Манип”. При этом может осуществляться прямая или обратная манипуляция. При прямой манипуляции и отсутствии манипулируемого напряжения передается непрерывный ВЧ сигнал. При обратной манипуляции отсутствие манипулирующего напряжения препятствует передаче сигнала.

Основным элементом в схеме манипуляции является компаратор К2. Величина напряжения манипуляции может регулироваться потенциометром.

В режиме УПР-ППЗ производится пуск передатчика от защиты, при этом передатчик управляется по цепи ПУСК ППЗ, а также ручной пуск от кнопок.

Основным элементом здесь является электронный ключ ЭК-2, на вход которого подаются импульсы ВЧ. В нормальном режиме ключ не пропускает сигналы на выход, а при пуске — пропускает. Пуск передатчика от защиты происходит через оптопару, которая осуществляет гальваническую развязку цепей защиты от цепей питания приемопередатчика.

Пуск ВЧ сигнала, но без манипуляции, производится также от блока АК при работе автоконтроля и при нажатии кнопки ПРМ-ПРД блока ПРМ1 для телефонного разговора. Схема пуска передатчика от блока АК или от телефонного устройства имеет основным элементом ключ ЭК-2.

При работе защиты пуск приемопередатчика от АК блокируется. После снятия пуска или останова работа АК запрещается еще на 0,2 с.

6.3 Блок МУС

Блок МУС — блок усилителя мощности (рис.6.3) содержит три узла: мощный усилитель ВЧ сигналов — МУ, амплитудный модулятор - МОД, согласующее устройство СУ.

На блок МУС поступает сигнал от блока УПР в виде прямоугольных импульсов амплитудой около 5 В. Сигналы, усиленные здесь, поступают на нагрузку — вход линейного фильтра и создают необходимую выходную мощность передатчика. Коэффициент усиления по мощности составляет около 40 дБ.

Согласующее устройство СУ согласует ПП с линией при незапущенном передатчике и в паузах манипуляции, нагружая линейный фильтр на сопротивление резистора R28 при замыкании транзисторного ключа ТК. Входное сопротивление со стороны линии при этом поддерживается на уровне 75 ± 25 Ом.

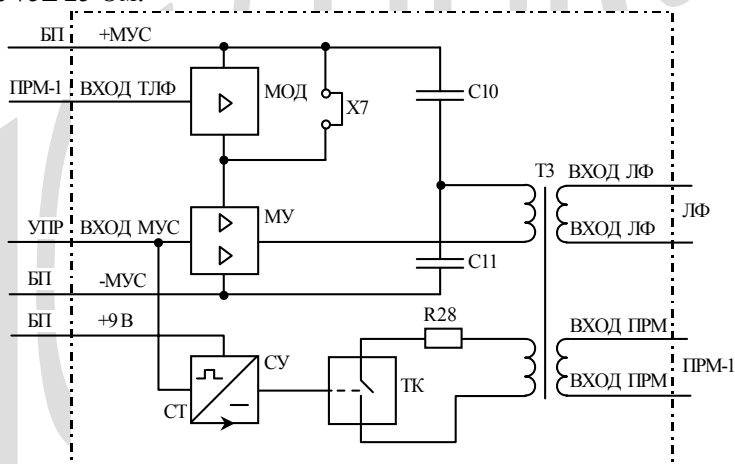


Рис.6.3. Функциональная схема блока МУС

При появлении ВЧ сигнала на входе МУС устройство СТ размыкает транзисторный ключ, снимая нагрузку R28 с входа ЛФ. При этом не шунтируется выход МУС.

Модулятор МОД создает амплитудную модуляцию ВЧ сигнала по принципу коллекторной модуляции. При этом напряжение питания оконечного каскада МУС при телефонном разговоре изменяется под воздействием модулирующего напряжения низкой частоты. В результате огибающая напряжения сигнала на выходе оконечного каскада МУС, работающего в режиме переключения, также изменяется по закону низкой частоты. Входной сигнал на модулятор приходит с блока ПРМ1.

Модулятор может быть выключен перемычкой X7.

6.4 Блок ЛФ

Блок ЛФ — линейного фильтра (рис.6.4) содержит линейный фильтр ЛФ, схему для измерения тока выхода передатчика, ограничитель импульсных перенапряжений и нагрузочный резистор сопротивлением 75 Ом.

Линейный фильтр выполнен по дифференциально-мостиковой схеме и состоит из двух катушек индуктивностей, магазина конденсаторов, согласующего трансформатора Т1.

Линейный фильтр настроен на частоту передачи, он улучшает форму выходного напряжения и имеет высокое входное сопротивление со стороны линии вне рабочей полосы канала.

Дифференциальный трансформатор Т1 служит для согласования сопротивления фильтра с нагрузкой 75 Ом.

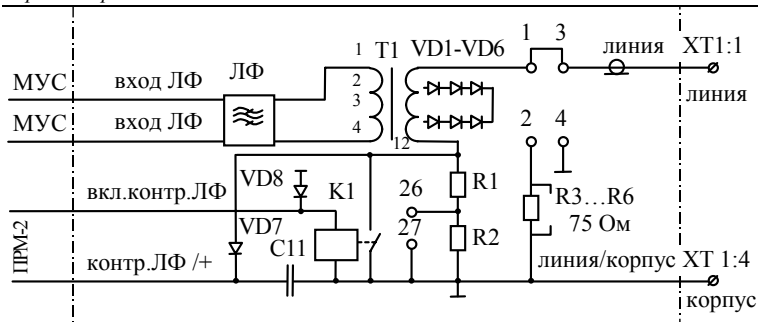


Рис.6.4.Функциональная схема блока ЛФ.

Схема для измерения тока выхода передатчика содержит шунт из резисторов R1,R2 , выпрямитель на диоде VD7, нагрузкой которого является фильтр нижних частот, состоящий из конденсатора C11, и измерительного прибора в блоке ПРМ2.

В исходном состоянии шунт закорочен нормально-замкнутым контактом реле K1 и схема измерения отключена. При поступлении напряжения на обмотку реле K1 включается схема измерения и напряжение с шунта после детектирования поступает в блок ПРМ2 на прибор, который отградуирован при токе полного отклонения на 0,5А или 1А (при закороченном резисторе R2). Напряжение на обмотку K1 подается при нажатии кнопки “Ток Выхода” в блоке ПРМ2.

Импульсные перенапряжения, поступающие из канала связи, ограничиваются последовательно включенными стабилитронами VD1 — VD6, которые при пробое шунтируют две обмотки трансформатора T1 и ограничивают перенапряжения на уровне напряжения стабилизации.

Внутренняя нагрузка передатчика на резисторах R3 — R6 с общим сопротивлением 75 Ом служит для проверки передатчика.

6.5 Блок ПРМ1

В блоке ПРМ1 (рис.6.5) размещены ограничитель входного сигнала, аттенуатор ДБ, входной фильтр ВФ, усилитель высокой частоты УВЧ, преобразователь частоты ПЧ, фильтр промежуточной частоты ФПЧ, усилитель промежуточной частоты УПЧ, детектор Д переговорного устройства,

усилитель мощности УМ, громкоговоритель — микрофон Г-М, предварительный усилитель микрофона — УС, усилитель с АРУ — АРУ-УС.

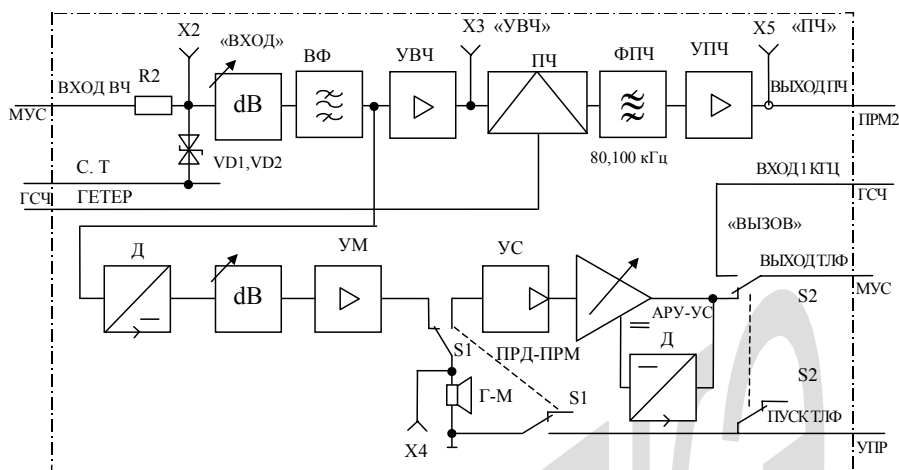


Рис.6.5. Функциональная схема блока ПРМ1

Ограничитель сильных сигналов на стабилитронах VD1 и VD2 защищает входной фильтр от сигналов собственного передатчика.

Входной аттенуатор дБ - это дискретный резисторный делитель. Входной фильтр ВФ собран как индуктивно-емкостной фильтр.

Выход фильтра подключен к инвертирующему усилителю УВЧ, нагрузкой которого служит преобразователь частоты ПЧ, выполненный на аналоговом перемножителе. На него поступает также сигнал гетеродина из блока ГСЧ.

Пятиконтурный фильтр ФПЧ на выходе перемножителя выделяет промежуточную частоту, которая во всем диапазоне рабочих частот от 36 до 600 кГц имеет значение 100 кГц, кроме диапазона частот от 90,5 до 110,5 кГц, где применен фильтр, настроенный на частоту 80 кГц.

К выходу ФПЧ подключен инвертирующий усилитель промежуточной частоты УПЧ. С его выхода сигнал поступает в блок ПРМ2.

С выхода входного фильтра ВФ сигнал поступает также на детектор телефонного канала Д и далее на усилитель мощности УМ.

Динамическая головка Г-М служит громкоговорителем в режиме приема и микрофоном в режиме передачи при нажатии кнопки ПРД-ПРМ (S 1).

Сигнал с головки усиливается предварительным усилителем УС и поступает на усилитель с АРУ — “АРУ-УС”, а с него — на модулятор блока МУС.

6.6. Блок ПРМ2

Блок ПРМ2 (рис.6.6) содержит основной приемник (ПРМ. Оsn.), грубый приемник (ПРМ.Груб.) для автоконтроля, а также измерительный прибор Р1 для измерения тока (напряжения) выхода приемника, тока выхода передатчика и вторичных напряжений питания.

На входе блока включены пороговые устройства ПУ основного и грубого приемников. К выходу каждого ПУ подключен детектор Д. Сигнал с выхода детектора основного приемника поступает на выходной усилительный каскад ВУК. При работе с диффазной или полупроводниковой защитами сигнал с выхода детектора проходит через инвертор И, а при направленной защите поступает на ВУК непосредственно. Этим определяются различные значения токов выхода приемника при отсутствии сигнала. Переключение на работу с различными типами защиты производится переключателями S1 и S2.

Выход ВУК подключается к релейной части защиты. Орган сравнения фаз ДФЗ или приемное реле направленной защиты подключаются к выходным зажимам ХТЗ:9 и ХТЗ:10, при этом ВУК работает в режиме стабилизации тока.

Приемник полупроводниковой защиты подключается к зажимам ХТ4:6, ХТ4:7, при этом ВУК работает с ограниченным выходным напряжением.

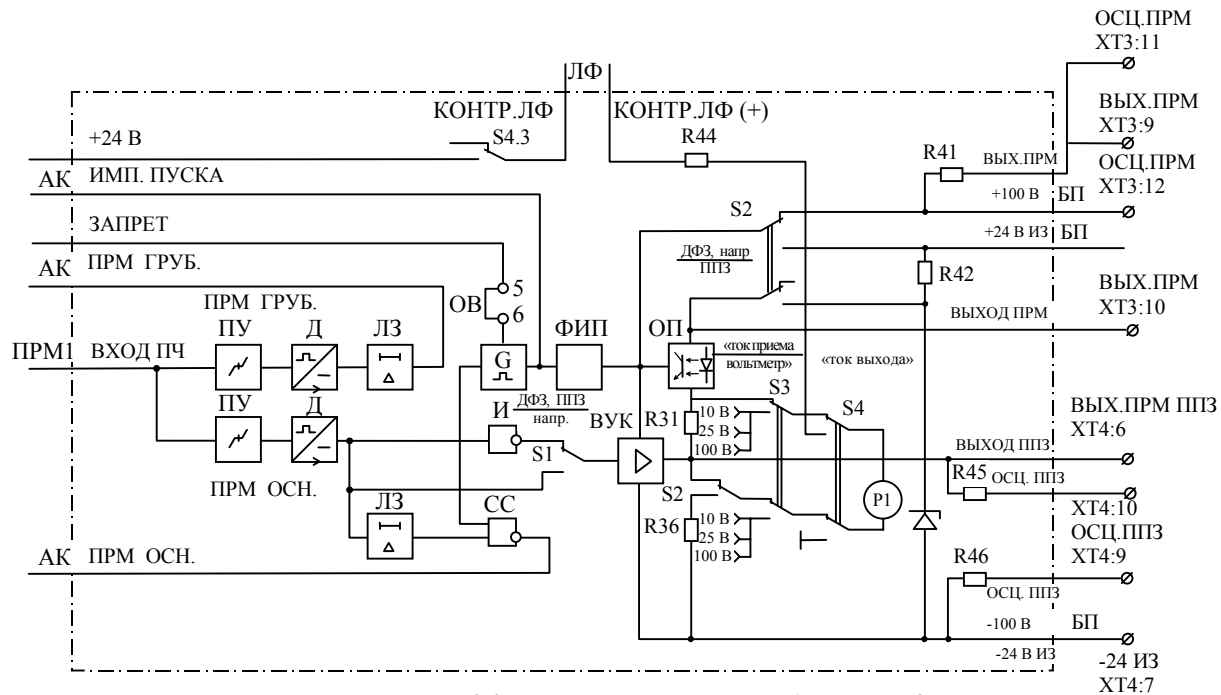


Рис.6.6. Функциональная схема блока ПРМ2

Сигналы с выходов детекторов основного и грубого приемников поступают также в блок автоконтроля АК, но предварительно они проходят через линии задержки ЛЗ. Назначение ЛЗ — устранить короткие (менее 3 мс) импульсы или провалы сигналов.

Сигнал с выхода ЛЗ основного приемника проходит через схему совпадения СС, которая разрешает его прохождение только, если произошло изменение тока приема.

Ток приема проходит через оптопару ОП, при любых его изменениях срабатывает схема формирования импульса пуска ФИП. Импульс с выхода ФИП поступает в блок АК, где запускает распределитель (см.п.6.7). Кроме того, он запускает одновибратор ОВ, который разрешает прохождение сигнала через схему совпадения СС.

Измерительный прибор Р1 в нормальном положении измеряет: при работе с релейно-контактными защитами — ток, а с полупроводниковыми защитами — напряжение выхода приемника. Переключение производится переключателем S2.

При нажатии переключателя S4 прибор измеряет ток выхода передатчика. При нажатии переключателя S3 прибор подключается к гнездам для измерения напряжений питания.

В блоке ПРМ2 размещаются шунты и добавочные сопротивления для осциллографирования выходного тока или напряжения приемника.

6.7. Блок АК

Функциональная схема блока АК приведена на рис.6.7. Блок предназначен для контроля канала, включающего три приемопередатчика (ПП). Каждому из них присваивается свой номер — 1, 2 или 3. Для этого в схеме АК устанавливаются соответствующие переключки на выходах распределителя 8. При работе на двухконцевой линии из схемы исключаются переключками элементы, относящиеся к третьему ПП. Ниже рассматривается работа АК на трехконцевой линии. Как было указано в разделе 5, автоконтроль производится периодически. В каждом ПП устройство АК работает поочередно в одном из режимов: то оно инициирует контроль, то отвечает на инициативу другого ПП. Условно назовем первый режим активным, второй — пассивным.

Цикл контроля состоит из пяти интервалов длительностью по 60 мс (рис.6.8). В первом из них передается импульс запроса (поочередно от каждого ПП). Второй интервал представляет собой паузу, во время которой не работает ни один из ПП. Она предназначена для фиксации помехи в канале.

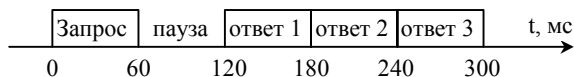


Рис.6.8.Последовательность импульсов в цикле контроля

В третьем, четвертом и пятом интервалах должны передаваться ответные импульсы передатчиков — соответственно первого, второго и третьего.

Каждый импульс как запроса, так и ответа, представляет собой немодулированную посылку высокой частоты. Время в устройстве контроля задают электронные часы 1, которые приводятся в действие импульсами частоты 500 Гц. Эти импульсы получаются в результате деления частоты 1000 Гц, поступающей из блока ГСЧ.

После включения электропитания часы 1 приходят в действие. Далее они действуют непрерывно независимо от результатов контроля. Часы имеют несколько выходов, на которых появляются импульсы с периодичностью: 2 с, 200 с, 2000 с, 20000 с. Два последних выхода, переключаемые кнопкой, определяют ускоренный (через 33мин.20 с) или нормальный (5ч.33мин.20с) режим проверок. Первый выход используется при испытаниях аппаратуры.

6.7.1. Работа устройства АК в активном режиме, при этом канал исправен

При включении питания триггер контрольной проверки 2 устанавливается в положение, замыкающее ключ контрольной проверки 3. Через этот ключ через 200 с после включения питания импульс от часов 1 поступает на входы и перебрасывает триггер часов 6 и триггер распре-

лителя 4. Первый подготавливает к работе схемы: шифратора передатчика 9, записи в память 24, неисправности общей 44, неисправности часов 45.

Триггер распределителя 4 разрешает прохождение через схему запуска распределителя 7 на распределитель 8 импульсов 500 Гц, которые в схеме 7 преобразуются в 50 Гц.

Распределитель 8 задает программу проверки — моменты начала, окончания импульсов и контроля приема. Распределитель имеет 16 выходов. В исходном состоянии на выходе 15 — потенциал лог.0, на остальных — лог.1. После пуска на каждом из выходов распределителя, начиная с нулевого, последовательно появляются импульсы лог.0 длительностью по 20 мс, на остальных выходах при этом — лог.1.

В момент, когда на 0-м выходе распределителя появляется фронт лог.0, через схему шифратора передатчика 9 и схему пуска 12 на триггер передатчика 23 поступает импульс, триггер перебрасывается и через блок УПР пускает передатчик. Начинается импульс запроса.

В этот же момент возвращается в исходное состояние триггер контрольной проверки 2. Импульс запроса продолжается до тех пор, пока лог.0 не появится на 3-м выходе распределителя, т.е. 60 мс. В этот момент шифратор передатчика 9 через схему останов 13 возвращает триггер передатчика 23 в исходное состояние.

Импульс запроса принимается приемником того же ПП, который передает запрос (а также приемниками других ПП, о чем сказано далее). При этом на выходах основного и грубого приемников (в блоке ПРМ2) появляются соответствующие потенциалы. Эти выходы в блоке АК соединены со входами триггеров контроля 15 — 22.

Каждый из этих триггеров имеет еще один вход — управляющий, соединенный с определенным выходом распределителя. Когда на этом входе появляется фронт лог.0, триггер принимает состояние, соответствующее потенциалу на его входе, соединенном с соответствующим приемником. Схема построена так, что если на выходе приемника в момент управления существует “правильный” потенциал, то триггер остается в исходном состоянии, а если - “неправильный” — перебрасывается. Мо-

менты управления наступают через 20 мс после начала каждого интервала в цикле контроля, о которых говорилось выше. Если приемник фиксирует наличие сигнала в том интервале, где он должен присутствовать или его отсутствие в паузе, то на выходе приемника будет “правильный” потенциал, а в противном случае — “неправильный”.

Если импульс запроса зафиксирован в то время, когда лог.0 появился на 1-м выходе распределителя, а в паузе, когда лог.0 был на 4-м выходе распределителя, сигнал не обнаружен, то триггера контроля запроса 15 и паузы 16 остаются в исходном состоянии. Их выходы соединены со схемой разрешения ответа 14, а она — со схемой 10, которая в этом случае разрешает посылку ответного импульса передатчиком.

Момент ответа определяется установленными на выходах распределителя перемычками, которые соответствуют номеру данного ПП. Управляет началом и окончанием ответа распределитель 8 через шифратор 9. Ответ первого передатчика передается в 3-м интервале, второго - в 4-м, третьего - в 5-м.

Через 20 мс после начала каждого интервала распределитель производит управление соответствующими триггерами, соединенными с выходами основного и грубого приемников. Если все сигналы приняты правильно, все триггера контроля остаются в исходном состоянии.

Когда лог.0 появляется на 15-м выходе распределителя, его переключение прекращается, триггера распределителя и часов возвращаются в исходное состояние, цикл контроля заканчивается. Новый цикл начнется тогда, когда на входы триггеров распределителя 4 и часов 6 поступит импульс с выхода часов через контакт нормальной или ускоренной проверки.

6.7.2 Работа АК в активном режиме, если вследствие неисправности один из ответов не получен

В этом случае соответствующий триггер контроля опрокидывается, как было описано выше. С выхода этого триггера потенциал поступает на схему разрешения контрольной проверки 25, которая устанавливает триггер контрольной проверки 2 в положение, замыкающее ключ контрольной проверки 3.

Когда лог.0 появляется на 14-м выходе распределителя, включается схема записи в память 24, которая дает импульс на управляющие входы триггеров памяти (ОЗУ) 26 — 33. Второй вход каждого из этих триггеров соединен с выходом соответствующего триггера контроля. В момент поступления управляющего импульса триггер памяти устанавливается в такое же положение, что и триггер контроля. При появлении лог.0 на 15-м выходе распределителя все триггера контроля возвращаются в исходное состояние, а триггера памяти запоминают их предыдущее состояние. Первый цикл контроля заканчивается.

Через 200 с импульс с выхода часов проходит через ключ контрольной проверки 3, перебрасывает триггер распределителя 4 и триггер часов 6. Начинается второй (контрольный) цикл проверки.

Если в канале сохранилась неисправность, обнаруженная в первом цикле, то тот же триггер контроля изменит свое состояние. Выходные потенциалы этого триггера и соответствующего триггера памяти поступают на входы одной из схем сигнализации неисправности 36—43, которые представляют собой схемы совпадения. В результате зажигается соответствующий светодиод индикации неисправности 46—53. Действует схема неисправности общей 44, срабатывают реле неисправности и вывода защиты 54. Эти реле расположены в блоке УК.

Схема неисправности общей 44 запрещает дальнейшую работу автоконтроля — пуск передатчика, возврат триггеров.

Возврат схемы автоконтроля в исходное состояние производится кнопкой сброса через схему сброса 35. После сброса происходит автоматическая проверка в течение 200 с. Сброс производится также схемой дистанционного сброса.

6.7.3. Работа схемы АК в пассивном режиме, при этом канал исправен

В этом режиме основной приемник данного ПП принимает импульс запроса из канала. На переднем фронте этого импульса в блоке ПРМ2 вырабатывается импульс пуска, поступающий в АК на вход триггера распределителя 4. Этот триггер перебрасывается и разрешает прохо-

ждение импульсов 50 Гц через схему пуска распределителя 7 на вход распределителя 8. Распределитель начинает переключение потенциалов на своих выходах.

Отметим, что в рассматриваемом случае не переброшен триггер часов 6, в чем и состоит отличие от случая, описанного в п. 6.7.1. Вследствие этого шифратор передатчика 9 не дает разрешения на переброс триггера передатчика 23 при появлении потенциала лог.0 на 0-м выходе распределителя, т.е. в этом случае с данного ПП импульс запроса не передается.

В процессе переключения распределителя триггера контроля запроса 15 и паузы 16 фиксируют “правильные” сигналы основного приемника. В результате эти триггера остаются в исходном состоянии. Схемы 14 и 10 разрешают ответ данного передатчика. Момент ответа определяется номером данного ПП, т.е. установленными на выходе распределителя перемычками.

Поскольку в рассматриваемом случае канал исправен, то к концу цикла контроля все триггера контроля 15 — 22 останутся в исходном состоянии, триггер распределителя 4 вернется в исходное состояние. Цикл закончится без какой-либо сигнализации.

6.7.4. Работа схемы АК в пассивном режиме при неисправности в канале

В этом случае работа может происходить по разному в зависимости от вида неисправности. Предположим, что основной приемник принимает сигналы, а грубый — нет.

В этом случае начало работы АК будет проходить так же, как описано в п. 6.7.3. Но когда распределитель даст управляющий импульс на один из триггеров контроля, связанный с грубым приемником, этот триггер перебросится. После этого схема разрешения контрольной проверки 25 перебросит триггер контрольной проверки 2, который замкнет ключ контрольной проверки 3.

Отличие работы АК в данном случае от работы, описанной в п.6.7.2, будет в том, что, когда на 14-м выходе распределителя появится потенциал

лог.0, схема записи в память 24 не подействует, так как триггер часов 6 находится в исходном состоянии. Поэтому все триггера памяти 26 — 33 останутся в исходном состоянии.

Когда потенциал лог.0 появится на 15-м выходе распределителя, все триггера контроля и триггер распределителя 4 вернутся в исходное состояние.

В течение 200с с выхода часов через ключ контрольной проверки 3 пройдет импульс, который перебросит триггера распределителя 4 и часов 6. Система АК начнет работу в активном режиме, как описано в п.6.7.2. Результатом ее будет сигнализация неисправности и вывод защиты.

Изложенное показывает, что сигнализация неисправности устройством АК производится только в активном режиме.

Запуск системы АК может быть произведен и вручную с помощью кнопки “Пуск АК”. Работа системы при этом проходит так же, как описано в п.п.6.7.1 — 6.7.2. Для обнаружения неисправности следует кнопку нажать дважды.

6.7.5 Работа АК в режиме дистанционного сброса (ДС)

Сигнал ДС передается от одного ПП к другому, следовательно, одна схема АК работает в режиме передачи, другая — в режиме приема.

Передача сигнала ДС производится при нажатии кнопки “Дистанционный сброс”. При этом перебрасывается триггер 5, который в свою очередь перебрасывает триггер распределителя 4 и формирует схему шифратора передатчика 9.

По мере переключения выходов распределителя шифратор 9 включает передатчик так, что тот передает импульсную последовательность, показанную на рис 6.9.

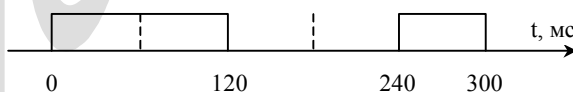


Рис.6.9. Последовательность импульсов в цикле дистанционного сброса

В пункте приема ДС фронт первого импульса перебрасывает триггер распределителя 4 и схема АК начинает работать в соответствии с п. 6.7.4.

В приведенной последовательности сигналы во втором, третьем и четвертом интервалах отличаются от сигналов при нормальном состоянии канала. Вследствие этого, в цикле контроля соответствующие триггера контроля перебрасываются, а остальные остаются в исходном состоянии. Выходы триггеров контроля, на которых в результате оказываются потенциалы лог.1, подключены к схеме дешифратора дистанционного сброса 34, представляющей собой схему совпадения. Комбинация потенциалов этих выходов приводит к тому, что на выходе схемы 34 появляется импульс сброса (лог.0), приводящий схему АК в исходное состояние.

6.8. Блок УК

Блок коммутирующего устройства УК (рис. 6.10) содержит четыре реле Р1-Р4, выполненных на оптопарах в двух микросхемах. При неисправностях, выявленных автоконтролем, реле выводят из работы защиту и осуществляют внешнюю сигнализацию. В нормальном режиме светодиоды реле Р2-Р4 обтекаются током, при этом выходы (контакты) реле Р2 и Р4 разомкнуты, а выход Р3 — замкнут. Светодиод Р1 не обтекается током, выход Р1 разомкнут.

При неисправности, зафиксированной автоконтролем, или пропадании питания, выходы реле изменяют свое состояние.

В блоке расположен переключатель S1 “Блокировка АК”. При его нажатии светодиоды реле Р2-Р4 будут обтекаться током независимо от действия АК, ток прерывается только при пропадании питания. Благодаря этому блок АК может быть извлечен из корпуса без нарушения действия приемопередатчика и защиты.

Нажатие S1 при наличии блока АК запрещает действие автоконтроля, что бывает нужно при наладке.

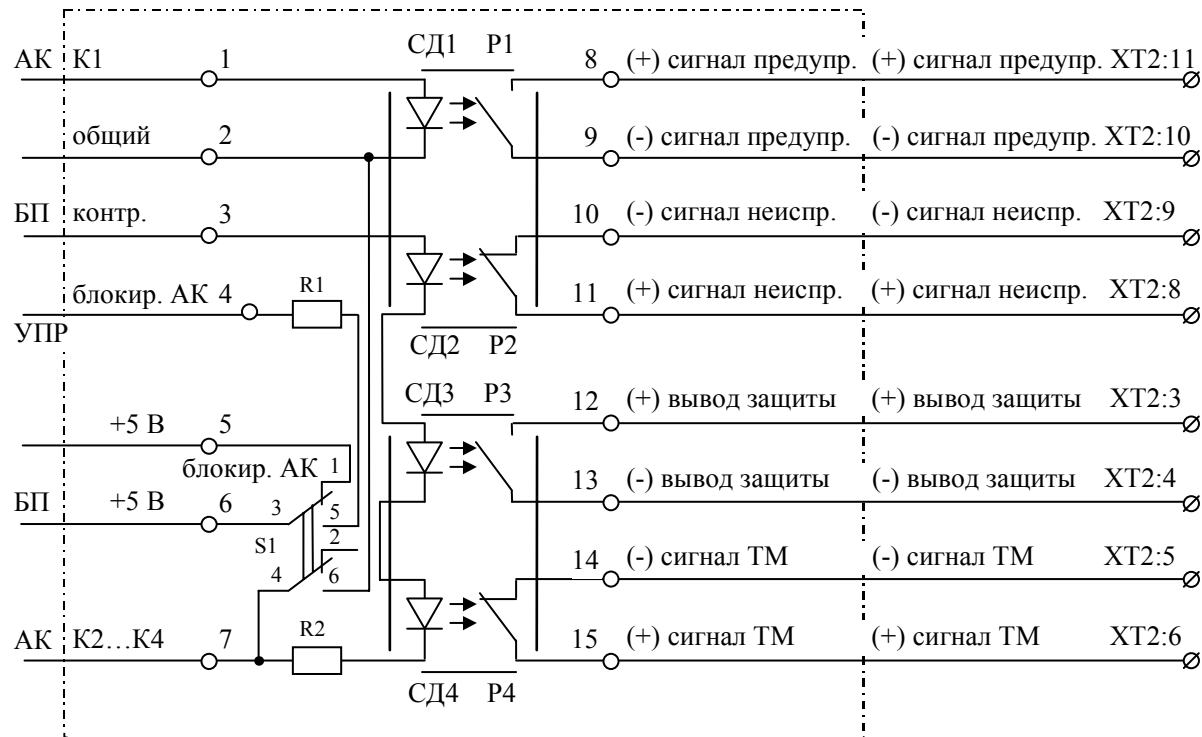


Рис.6.10. Функциональная схема блока УК.

6.9. Блок БП

Блок БП (рис. 6.11) питает все элементы приемопередатчика, кроме выходного каскада МУС, который питается непосредственно от аккумуляторной батареи, но через общий с БП выключатель. В блоке напряжение аккумуляторной батареи преобразуется во вторичные напряжения 9, 24 и 100 В. В блоке есть также стабилизаторы напряжений 5 и 18 В, получаемых из напряжений 9 и 24 В. В блок питания входят узлы помехоподавляющего фильтра ПФ, преобразователя ПР со схемой управления СУ, стабилизаторов напряжения СТ5, СТ18, схемы контроля исправности источников напряжения, схемы индикации первичных и вторичных напряжений.

Индуктивно-емкостной помехоподавляющий фильтр ПФ служит для предотвращения проникновения в цепь аккумуляторной батареи помех, которые могут возникать в преобразователе.

Преобразователь ПР состоит из схемы управления СУ на микросхеме, транзисторного ключа ТК, трансформатора Т1 и выпрямителей В1-В4 со сглаживающими фильтрами Ф1-Ф4.

После включения напряжения питания заряжается конденсатор С9 через резистор R14. Как только напряжение на С9 достигнет определенного значения, на выходе СУ возникает последовательность импульсов управления положительной полярности, поступающих на затвор ТК. Частота импульсов — около 25 кГц.

Транзисторный ключ ТК, открываясь и закрываясь, создает импульсный ток в первичной обмотке 1 трансформатора Т1. При этом во вторичных обмотках 2-5 трансформатора индуцируются напряжения. Эти напряжения выпрямляются выпрямителями В1-В4 и сглаживаются фильтрами Ф1-Ф4. Постоянные напряжения 9 В, 24 В, 24 В из. (изолированное от корпуса), 100 В с выходов фильтров Ф1-Ф4 подаются в схему приемопередатчика. Кроме того, с помощью стабилизаторов СТ5 и СТ18 образуются напряжения 5 В и 18 В, которые также подаются в схему.

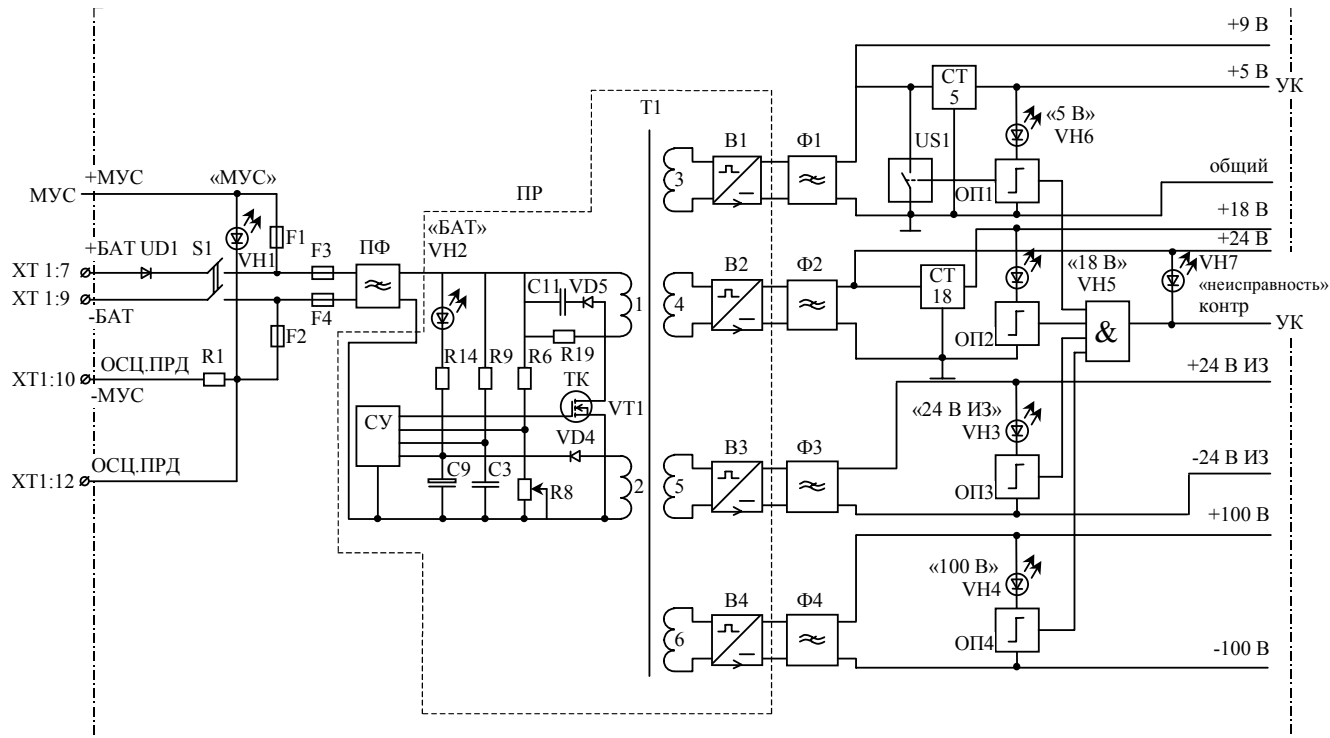


Рис.6.11.Функциональная схема блока питания

Величины постоянных напряжений на выходах фильтров зависят от напряжения аккумуляторной батареи и от скважности последовательности импульсов тока, протекающего через первичную обмотку трансформатора Т1. Чем больше длительность импульсов, тем выше вторичные напряжения и наоборот. Эта зависимость используется в БП для стабилизации вторичных напряжений. Напряжение, снимаемое с вторичной обмотки 2 трансформатора 1, выпрямляется, сглаживается и подается на схему управления СУ в качестве напряжения обратной связи. Величина этого напряжения определяет скважность импульсов, поступающих на затвор ключа ТК, а следовательно, скважность импульсов тока в трансформаторе.

В момент запуска, когда напряжение на обмотке 2 минимально, длительность импульсов максимальна. С ростом напряжения обратной связи длительность импульсов уменьшается и схема переходит в стационарный режим. Если теперь напряжение аккумуляторной батареи, к примеру, возрастет, то возрастет и напряжение обратной связи, что приведет к уменьшению длительности импульсов тока. В результате значения вторичных напряжений остаются близкими к номинальным при колебаниях напряжения батареи в значительных пределах.

Однако при большом снижении напряжения батареи регулировка прекращается, импульсы на ТК от схемы СУ не поступают. Работа преобразователя прерывается.

Схема преобразователя имеет также защиту от короткого замыкания в нагрузке. Наличие всех вторичных напряжений индицируется светодиодами и контролируется схемой контроля К.

Пропадание любого из напряжений вызывает аварийную сигнализацию во внешних цепях (см.п.6.8)

7. Основные технические данные

1. Приемопередатчик может работать в канале:
 - для двухконцевой линии на одной частоте передачи и приема в диапазоне частот 36 — 400 кГц и со сдвигом 1 кГц в диапазоне 401 — 600 кГц.
 - для двух- или трехконцевой линии на разных частотах передачи и приема со сдвигом частот 0,5; 1,0; 1,5 кГц в диапазоне частот 36 — 400 кГц и со сдвигом 1,0 кГц в диапазоне 401-600 кГц. Присоединение приемопередатчиков в ВЧ тракту осуществляется по неуравновешенной схеме.
2. Питание приемопередатчика производится от аккумуляторной батареи 220 В (176 — 242) В, 110 В (88 — 121) В при пульсации не более 6%. Частота пульсаций 150 Гц.
3. Частота передатчика стабилизирована кварцевым резонатором и может выбираться с шагом 0,5 кГц (для диапазона 36 — 400 кГц) и 1,0 кГц (для 401 — 600 кГц).
4. Мощность колебаний на выходе линейного фильтра передатчика, включенного на активную нагрузку (75 ± 15) Ом не менее 30 Вт (в диапазоне 36—400 кГц) и 20 Вт (401—600 кГц) при номинальном напряжении питания.
5. Остаточное напряжение ВЧ на выходе незапущенного передатчика, включенного на активную нагрузку (75 ± 15) Ом, не более 10 мВ.
6. Полоса пропускания линейного фильтра — ЛФ передатчика на уровне 3 дБ составляет для частот:
 - 36 — 120 кГц — ($5 \pm 0,5$) кГц;
 - 120,5 — 300 кГц — (10 ± 1) кГц;
 - 300,5 — 400 кГц — (20 ± 2) кГц;
 - 401,5 — 600 кГц — ($25 \pm 2,5$) кГц;
8. Входное сопротивление приемопередатчика со стороны линии при незапущенном передатчике равно (75 ± 15) Ом на рабочей частоте.

9. Для релейно-контактных защит передатчик может управляться:
- при пуске — внешним изолированным размыкающим контактом (размыкаются 100 В при входном сопротивлении цепи 15 кОм);
 - контрольной кнопкой ПУСК и наладочной кнопкой ПН;
 - при останове — внешним изолированным замыкающим контактом (замыкаются 100 В при входном сопротивлении 15 кОм), останов имеет приоритет;
 - при безынерционном пуске — напряжением не более 5,5 В (максимальная мощность); при напряжении не менее 3,0 В — нулевая мощность на выходе.
10. При работе с диффазными защитами обеспечивается амплитудная манипуляция ВЧ сигнала передатчика напряжением промышленной частоты 50 Гц. При напряжении манипуляции 100—130 В длительность импульса тока в приемнике при активной нагрузке (600 ± 60) Ом составляет 160—175 гр. промышленной частоты.
- Напряжение полной манипуляции составляет 5—15 В. Входное сопротивление цепи манипуляции не ниже 100 кОм.
11. Пуск, безынерционный пуск и останов передатчика блокируют пуск от автоконтроля. После прекращения действия пуска возможность действия автоконтроля восстанавливается через 0,1—1,0 с.
12. Максимальная чувствительность приемника составляет 100—150 мВ. Чувствительность можно заглубить на 20 дБ ступенями по 4—5 дБ.
13. Ток (напряжение) выхода приемника при отсутствии ВЧ сигнала на входе составляет:
- защита ДФЗ — 20 ± 2 (10 ± 1) мА (нагрузка 620 Ом);
 - дистанционная защита — 0 - 0,1 мА (нагрузка 3300 Ом);
 - полупроводниковые защиты — 0 - 1 В (нагрузка 3000 Ом);
- То же при наличии ВЧ сигнала на входе:
- защита ДФЗ — 0 - 0,1 мА ;
 - дистанционная защита — 20 ± 2 мА;

— полупроводниковые защиты — 14 - 17 В.

14. Крутизна характеристики чувствительности $U_{пз}$ и $U_{пч}$ — не более 1,3.

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

3 кГц для частот до 100 кГц - ≥ 40 дБ;

3 % для частот больше 100 кГц - ≥ 40 дБ;

4 % , но не менее 6 кГц - ≥ 50 дБ;

5% , но не менее 6 кГц - ≥ 60 дБ;

10 % , но не менее 6 кГц — ≥ 70 дБ;

Избирательность приемника на частоте зеркального канала не менее 85 дБ.

16. Нормальная работа приемопередатчика обеспечивается при затухании канала до 35 дБ.

17. Отношение напряжения срабатывания приемника контроля запаса по затуханию (грубого приемника) к напряжению порога чувствительности приемника составляет $3 \pm 0,3$, но может быть установлено в пределах 1,5—5.

18. Потребляемая мощность от аккумуляторной батареи 220 В не более 120Вт при пущенном приемопередатчике и номинальной выходной мощности и 40 Вт при незапущенном передатчике.

19. Приемопередатчик не повреждается и не производит ложных действий при медленных (более 10 с) изменениях напряжения от $U_{ном.}$ до 0 и вновь до $U_{ном.}$, а также при коротких (не более 20 мс) перерывах питания и при включениях и отключениях питания.

20. Предусмотрена возможность подключения осциллографа для фиксации тока усилителя мощности и тока (напряжения) выхода приемника.

8. Проверка и наладка приемопередатчика и комплекта ВЧ защиты

Прежде чем начинать проверку аппаратуры, необходимо тщательно изучить ее заводское описание, подготовить монтажные схемы ее соединений на панели. Необходимо проверить протоколы или произвести заново измерения характеристик отдельных элементов ВЧ тракта: заградителей, фильтров присоединения, ВЧ кабелей, а также тракта в целом. Эти измерения проводятся по известным методикам [6,7].

Для облегчения проверки приемопередатчиков желательно сначала все их, что входят в налаживаемый канал, сосредоточить в одном пункте. Измерения, проводимые одной группой работников в оборудованной лаборатории с помощью одного комплекта приборов, позволяют провести проверку с высоким качеством и в сжатые сроки.

Если приходится налаживать приемопередатчики раздельно, то необходимо тщательно проверить качество и даты испытаний измерительных приборов.

Примерный перечень необходимых измерительных приборов приведен в приложении 2.

Наладка состоит из следующих этапов.

Предварительная проверка исправности аппаратуры после транспортировки.

1. Проверка параметров и характеристик каждого приемопередатчика.
2. Совместная проверка комплекта приемопередатчиков в схеме искусственного канала в лаборатории.
3. Проверка приемопередатчиков на пунктах установки в схеме рабочего канала.
4. Совместная проверка комплекта приемопередатчиков и релейной части защиты.

Все результаты испытаний и замечания должны тщательно протоколироваться. Замечания и сведения об отмеченных неисправностях могут служить основанием для предъявления рекламаций заводу-изготовителю.

Ниже приводятся программа, методика и форма протокола проверки и наладки аппаратуры и ВЧ канала.

Следует особо остановиться на проверке частотных характеристик фильтров приемопередатчика.

Методика снятия частотных характеристик рабочего затухания линейного и входного фильтров приведена в приложении 1. Эта методика позволяет с достаточной точностью определить параметры фильтров, однако для снятия характеристик необходимо извлекать блоки из корпуса. При этом результаты измерений, особенно в случае высоких рабочих частот, могут искажаться наводками. Что касается фильтра промежуточной частоты, то его трудно выделить из схемы и измерить отдельно.

В связи с этим в методике (п.2.10) предлагается достаточно простой способ проверки характеристик всех фильтров в полной схеме приемопередатчика без извлечения их из корпуса. Этот способ не дает точных значений рабочего затухания фильтров, но снятые частотные характеристики можно использовать для сравнения при отыскании повреждений в приемопередатчике.

8.1. Программа проверки и наладки в эксплуатационных условиях комплекта

Программа составлена применительно к работе с диффазной, дистанционной направленной и полупроводниковой защитами. Пункты, относящиеся только к диффазной защите, отмечены *.

Содержание испытаний

1. Предварительная проверка приемопередатчиков

1.1 Внешний и внутренний осмотр. Установка перемычек.

1.2 Проверка исправности передатчика и приемника по встроенному прибору.

1.3 Проверка исправности автоконтроля.

2. Проверка параметров и характеристик каждого приемопередатчика.

2.1 Измерение сопротивления и испытание изоляции.

2.2 Проверка блока питания.

2.3 Измерение выходной мощности и частоты передатчика.

2.4 Проверка контактного пуска и останова.

2.5* Измерение напряжения безынерционного пуска.

2.6* Проверка характеристики манипуляции

2.7 Снятие частотной характеристики входного сопротивления приемопередатчика.

2.8 Проверка чувствительности приемника.

2.9 Снятие амплитудной характеристики тракта приема.

2.10 Проверка частотных характеристик фильтров.

2.11 Проверка действия автоконтроля.

2.12 Проверка передачи сигналов телефона.

3. Совместная проверка приемопередатчиков в схеме искусственного канала в лаборатории.

4. Наладка приемопередатчиков в канале.

4.1 Измерение пульсаций питающего напряжения.

4.2 Измерение входного сопротивления ВЧ кабеля.

4.3 Измерение выходной мощности и согласование передатчика с ВЧ кабелем.

4.4 Измерение уровня помех в канале.

4.5 Регулировка телефонной связи.

4.6 Измерение затухания канала.

4.7 Измерение и регулировка запаса по перекрываемому затуханию.

4.8 Проверка биений сигналов двух передатчиков.

4.9 Проверка действия автоконтроля и дистанционного сброса (при его необходимости).

5. Проверка взаимодействия приемопередатчиков с релейной частью защиты.

5.1 Опробование действия. Фиксация параметров панели.

5.2* Снятие фазной характеристики и регулировка угла блокировки.

5.3* Фазировка.

5.4 Фиксация режимов приемопередатчиков.

6. Проверка помехозащищенности приемопередатчиков.

На основании изложенной технической программы на месте испытаний при необходимости составляется оперативная программа.

8.2. Методика наладки и испытаний комплекта приемопередатчиков ВЧ защиты ПВЗ-90М

1. Предварительная проверка

1.1. Внешний и внутренний осмотр. Установка перемычек

Внимательно осмотреть приемопередатчик снаружи, убедиться в отсутствии повреждений при транспортировке. Извлечь поочередно все блоки. Осмотреть пайки, места припайки выводов трансформаторов, деталей, проводников навесного монтажа, выявить и пропаять некачественные пайки. Убедиться в надежности крепления деталей.

Установить перемычки и переключатели в соответствии с типом используемой защиты, с использованием БИ ПУСКА, с номером приемопередатчика в системе автоконтроля, с применением дистанционного сброса и т.п. в соответствии с заводской инструкцией.

1.2. Проверка исправности передатчика и приемника по встроенному прибору

Установить на блоке ЛФ перемычку ЛФ — 75 Ом. Установить на клеммнике перемычки между зажимами: ХТ3/1 (+100 В) и ХТ3/2 (КОНТ.ПУСК), а также ХТ1/5(+МУС) и ХТ1/6(+МУС). Присоединить нагрузку приемника между зажимами:

Тип защиты	Зажимы	Соппротивление
ДФЗ	ХТ3/9; ХТ3/10 (Выход ПРМ)	620 Ом
дистанцион., направл.	ХТ3/9; ХТ3/10 (Выход ПРМ)	3,3 кОм
полупроводниковая	ХТ4/6 (Вых. ПРМ.ППЗ) ХТ4/7 (- 24 В ИЗ)	3,0 кОм

Подключить цепи питания к зажимам ХТ1/7 (+БАТ), ХТ1/9 (-БАТ). Включить кнопку питания на блоке БП. Убедиться, что горят зеленые светодиоды сигнализации вторичных напряжений питания. Измерить эти напряжения в гнездах блока БП вольтметром.

Проверить показания прибора на блоке ПРМ2, измеряющего выходной ток (напряжение) приемника при отжатых кнопках “Ток выхода” и “Ток приема”. Шкала прибора 25 мА или 20 В. Значения должны быть (с точностью $\pm 10\%$):

Тип защиты	ПЕРЕДАТЧИК не пущен	ПЕРЕДАТЧИК пущен
ДФЗ	20 мА	0 мА
дистанцион., направл.	0 мА	20 мА
полупроводниковая	0 В	15 В

Проверить показания прибора на блоке ПРМ2, измеряющего ток выхода передатчика, при нажатой кнопке “Ток выхода”. Шкала прибора 1А. Показание должно быть 50 — 80 дел.

1.3. Проверка исправности автоконтроля

После включения питания через 3 мин.20 с и через 6 мин. 40 с. должны кратковременно засветиться светодиоды «ОСН» и «ГРУБ» на блоке ПРМ2. После второго засвечивания должны длительно светиться красные светодиоды на блоке АК: «НЕИСПРАВНОСТЬ ОБЩАЯ», «ОТСУТСТВИЕ ОТВЕТА» и «УВЕЛИЧЕНИЕ ЗАТУХАНИЯ» одного или двух других концов (кроме номера данного приемопередатчика).

Снять сигнализацию кнопкой СБРОС на блоке АК, после чего описанный процесс должен повториться.

2. Проверка параметров и характеристик каждого приемопередатчика

2.1. Измерение сопротивления и испытание изоляции

Установить кнопку питания во включенное положение. Измерить мегаомметром на 500 В сопротивление изоляции между корпусом и поочередно зажимами (соединенными попарно):

ХТ1/7, ХТ1/9(\pm БАТ); ХТ1/5, ХТ1/6(+МУС); ХТ1/10, ХТ1/12(ОСЦ.ПРД); ХТ2/3, ХТ2/4 (ВЫВ.ЗАЩ.); ХТ2/5, ХТ2/6 (СИГН.ТМ); ХТ2/8, ХТ2/9(СИГН.НЕИСПР); ХТ2/10, ХТ2/11(СИГН.ПРЕД); ХТ3/9, ХТ3/10(ВЫХ.ПРМ); ХТ3/11, ХТ3/12 (ОСЦ.ПРМ). Сопротивление изоляции должно быть не менее 20 МОм.

Объединить между собой зажимы ХТ1/7, ХТ1/9(\pm БАТ), ХТ1/5, ХТ1/6(+МУС), ХТ1/10, ХТ1/12(ОСЦ.ПРД), ХТ2/8, ХТ2/9(СИГН.НЕИСПР), ХТ2/10, ХТ2/11(СИГН.ПРЕД).

Извлечь из разъемов блоки БП, МУС и УК. Присоединить между соединенными зажимами и корпусом испытательную установку УПУ-1М. Плавное поднятие переменного напряжения до 1500 В, выдержать 1 минуту, снизить напряжение. Вставить блоки БП, МУС и УК, повторить подъем напряжения до 1500 В, выдержать 1 минуту, снизить напряжение.

Соединить между собой зажимы ХТ2/3, ХТ2/4(ВЫВ.ЗАЩ), ХТ2/5, ХТ2/6(СИГН.ТМ), ХТ3/9, ХТ3/10(ВЫХ.ПРМ), ХТ3/11, ХТ3/12(ОСЦ.ПРМ). Присоединить между этими зажимами и корпусом испытательную установку, поднять переменное напряжение до 500 В, выдержать 1 минуту, снизить напряжение.

Снять перемычки между зажимами.

Провести измерение сопротивления изоляции, как было указано выше. Сопротивление должно быть не ниже 20 МОм.

2.2. Проверка блока питания

Установить на блоке ЛФ перемычку ЛФ — 75 Ом. Установить перемычки между зажимами: ХТ3/1(+100), ХТ3/2(КОНТ.ПУСК), а также ХТ1/5 и ХТ1/6(+МУС). Присоединить нагрузку приемника, в соответствии с п. 1.2.

Подключить регулируемый источник постоянного напряжения к зажимам ХТ1/7(+БАТ), ХТ1/9(-БАТ), включив в цепь питания амперметр постоянного тока.

Установить номинальное значение напряжения питания, измерить значения напряжений в гнездах на блоке БП: 5 В, 18 В, 24 В, 24 В ИЗ., 100 В вольтметром постоянного тока. Отклонение значений от номинальных не должно превышать: для напряжений 5 и 18 В - 5%, а для 24 и 100 В - 10 %. Измерить ток потребления при незапущенном и запущенном передатчике. Он должен быть (при $U_{ном}=220$ В) в пределах:

- при незапущенном 0,15 - 0,2 А;
- при запущенном 0,35 - 0,5 А.

Изменяя напряжение питания в пределах $U_{ном}+10\%$ -20%, повторить измерения. Отклонение значений напряжения от измеренных при $U_{ном}$ не должно превышать 2%.

Снижая напряжение питания, зафиксировать его значение, при котором блок питания отключается. Оно должно быть в пределах 0,6 - $0,7U_{ном}$.

Плавное повышение напряжения питания, зафиксировать значение, при котором блок питания включается. Оно не должно быть выше $0,75U_{ном}$.

2.3. Измерение выходной мощности и частоты передатчика

Включить измерительный прибор на измерение тока выхода передатчика. Включить питание. Нажать кнопку «ПН». Измерить напряжение и частоту на выходе передатчика. Значение напряжения должно быть не ниже 49 В при частоте до 400 кГц и не ниже 39 В при частоте выше 400 кГц. Зафиксировать показание прибора тока выхода.

Отжать кнопку ПН, нажать кнопку «ПУСК». Показания должны повториться. Отпустить кнопку «ПУСК». Выходное напряжение должно быть не выше 10 мВ.

Изменяя напряжение питания в пределах $U_{ном}+10\% -20\%$ измерять напряжение и частоту на выходе передатчика. Рассчитать выходную мощность. Изменение мощности при снижении напряжения на 20% не должно превышать 3 дБ, изменение частоты — 5 Гц.

2.4. Проверка контактного пуска и останова

Снять перемычку между зажимами ХТ3/1(+100), ХТ3/2(КОНТ.ПУСК). Убедиться в том, что выходное напряжение достигло номинальной величины.

Установить перемычку между зажимами ХТ3/1(+100) ХТ3/3(ОСТАНОВ). Убедиться в том, что выходное напряжение не выше 10 мВ. Снять перемычку ХТ3/1(+100) ХТ3/3(ОСТАНОВ), установить ХТ3/1(+100), ХТ3/2(КОНТ.ПУСК).

2.5*. Измерение напряжения безынерционного пуска

Подключить регулируемый источник постоянного напряжения к зажимам ХТ3/4, ХТ3/5 (БИ ПУСК). Поднимать напряжение с нуля до значения, при котором выходное напряжение достигнет номинального значения. При этом напряжение БИ пуска должно быть не более 5,5 В.

Снижать напряжение БИ пуска до тех пор, пока на выходе не установится остаточное напряжение по п. 2.3 Значение напряжения БИ пуска должно быть не ниже 3 В. Регулировка значения напряжения БИ пуска производится потенциометром БИ ПУСК, шлиц которого выведен на переднюю панель блока УПР.

2.6*. Проверка характеристики манипуляции

Присоединить к зажимам ХТЗ/6, ХТЗ/7(МАНИП) разделительный трансформатор и подать на него напряжение 50 Гц через ЛАТР. Присоединить в цепь нагрузки приемника 620 Ом миллиамперметр постоянного тока.

Фиксировать частоту передатчика частотомером и наблюдать по осциллографу форму его выходного напряжения. При незапущенном передатчике ток приемника должен быть 20 ± 2 мА или 10 ± 1 мА в зависимости от типа защиты¹. При необходимости регулировка тока приемника производится резистором R32 в блоке ПРМ2.

Не подавая напряжение манипуляции, нажать кнопку ПН. Ток приемника должен быть не более 0,1 мА.

Установить на зажимах ХТЗ/6, ХТЗ/7(МАНИП) напряжение 80—100 В.

Выходное напряжение передатчика должно иметь форму импульсов с частотой следования 50 Гц. Ширина импульса $\alpha_{пер}$ должна составлять 180 — 185 электрических градусов. Ширина может быть рассчитана по показанию частотомера $f_{ман}$:

$$\alpha_{пер} = 360 \cdot f_{ман} / f_{пер}, \text{ град.},$$

где $f_{пер}$ — частота передатчика без манипуляции (п.2.3).

¹ При работе с защитой ДФЗ-201 рекомендуется устанавливать ток 20 мА (см.п.4)

Ток выхода приемника должен быть в пределах 44,5 — 48,5 % от значения при незапущенном передатчике, что соответствует длительности импульса тока приема 160 - 175 град. Если угол тока выхода приемника меньше 160 град., то это обусловлено, скорее всего, неправильной регулировкой амплитудной характеристики приемника. Способ ее регулировки приведен в п. 2.9.

Снижать напряжение манипуляции до тех пор, пока ток приема не уменьшится на 1 мА. При этом напряжение на зажимах ХТЗ/6, ХТЗ/7(МАНИП) должно быть в пределах 5 - 15 В (напряжение полной манипуляции). Регулировка напряжения полной манипуляции производится потенциометром МАНИП, шлиц которого выведен на переднюю панель блока УПР.

2.7. Снятие частотной характеристики входного сопротивления приемопередатчика

Нажать два раза кнопку ПУСК АК на блоке АК. Должна появиться сигнализация неисправности. Не нажимать кнопку СБРОС, чтобы передатчик не запустился от АК.

Снять на блоке ЛФ перемычку ЛФ — 75 Ом. Присоединить ВЧ генератор к зажимам ЛФ — 75 Ом (генератор не заземлять) по схеме рис.8.1.

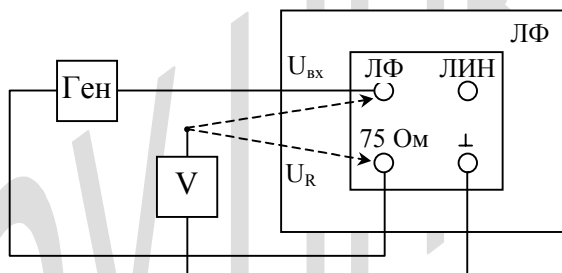


Рис.8.1. Схема проверки характеристик приемника

Установить на генераторе частоту передатчика. Установить на входе ЛФ напряжение $U_{vx}=1$ В. Измерить ВЧ вольтметром напряжение на резисторе 75 Ом — U_R (В). Рассчитать значение входного сопротивления по формуле:

$$Z_{vx} = 75 \cdot U_{vx} / U_R \text{ Ом.}$$

Значение $Z_{вх}$ должно быть 75 ± 25 Ом. Установить на генераторе частоту на 1% выше и ниже частоты передатчика, повторить измерения. Значение $Z_{вх}$ должно быть в тех же пределах.

Повторить то же измерение при расстройке на $\pm 10\%$ от частоты передатчика, но не менее 12 кГц. Значение $Z_{вх}$ должно быть не менее 200 Ом.

2.8. Проверка чувствительности приемника

Убедиться, что на блоке АК имеется сигнал неисправности (см.п.2.7) . Присоединить ВЧ генератор к зажимам ЛФ — КОРПУС (на блоке ЛФ). Установить на генераторе частоту настройки приемника.

2.8.1. При работе с ДФЗ

Повышать напряжение генератора с нуля. Зафиксировать значения напряжения, при которых ток приемника:

- а) снизится на 2 мА (порог чувствительности);
- б) достигнет 2 мА (порог записи или чувствительность);
- в) засветится светодиод «ПРМ ГРУБ» на блоке ПРМ2 (чувствительность грубого приемника).

2.8.2. При работе с дистанционной и направленной защитой - ДЗ

Присоединить к зажимам ХТ3/9, ХТ3/10(ВЫХ.ПРМ) нагрузку $3,3$ кОм через миллиамперметр постоянного тока. Повышать напряжение генератора с нуля до тех пор, пока ток приемника не достигнет насыщения. Отрегулировать значение тока приемника 18 ± 2 мА.

Регулируя напряжение генератора, зафиксировать значения, при которых ток приемника:

- а) достигнет 2 мА (порог чувствительности);
- б) будет ниже установившегося значения на 2 мА (порог насыщения или чувствительность);
- в) засветится светодиод «ПРМ ГРУБ» на блоке ПРМ2 (чувствительность грубого приемника).

2.8.3. При работе с полупроводниковой защитой ППЗ

Присоединить к зажимам ХТ4/6 (ВЫХОД ПРМ ППЗ) и ХТ4/7 (-24В ИЗ) нагрузку приемника 3,0 кОм. Присоединить к нагрузке вольтметр постоянного тока.

При отсутствии сигнала на входе приемника напряжение на нагрузке не должно превышать 1 В.

Повышать напряжение генератора, фиксировать значения, когда напряжение на нагрузке:

- а) увеличится на 1 В (порог чувствительности);
- б) достигнет 14 — 17 В (порог насыщения или чувствительность);
- в) засветится светодиод ПРМ ГРУБ на блоке ПРМ2 (чувствительность грубого приемника).

2.8.4. При напряжении чувствительности измерить напряжения в гнездах УВЧ ($U_{увч.ч}$) и ПЧ ($U_{пч.ч}$)

По п.п.2.8.1 — 2.8.3 значения должны быть:

- чувствительность ($U_{вх.ч.}$) 100 - 150 мВ;
- отношение чувствительности к порогу чувствительности не более 1,3 ;
- отношение чувствительности грубого и основного приемников 3 - 3,5.

2.9. Снятие амплитудной характеристики тракта приема

В схеме по п. 2.8 повышать напряжение генератора от порога за-
пираания или насыщения (чувствительности) $U_{вх.ч.}$, устанавливая значения,
превышающие $U_{вх.ч.}$ в 2, 3, 5, 10, 20, 40 раз и измерять при этом напряже-
ния в гнездах УВЧ и ПЧ на блоке ПРМ1. Характеристики этих напряже-
ний должны обеспечивать следующие соотношения

$$U_{увч.макс} \geq 30 \cdot U_{увч.ч}$$
$$U_{пч.макс} = (9-10) \cdot U_{пч.ч.},$$

где $U_{увч.ч}$ и $U_{пч.ч}$ — значения, измеренные по п. 2.8.4.

Если значение $U_{пч.макс} > 10 U_{пч.ч}$ и при этом угол тока приема (п.2.6)
менее 155 градусов, следует отрегулировать амплитудную характеристи-
ку. Для этого:

- подать на вход приемника напряжение, при котором $U_{пч} = 0,1 \cdot U_{пч.макс}$;
- изменить сопротивление R49 в блоке ПРМ1 так, чтобы напряжение в
гнезде ПЧ было $U_{пч} = U_{пч.ч}$ (п.2.8.4).

Эта регулировка обеспечивает увеличение угла тока приемника,
но приводит к загрублению его чувствительности. Если максимальная
чувствительность не нужна, то дальнейшая регулировка не требуется. Ес-
ли же требуется повышение чувствительности, то она регулируется под-
бором сопротивления R16 в блоке ПРМ1.

После регулировки следует повторить измерения по п.п. 2.6, 2.8 и 2.9.

2.10. Проверка частотных характеристик фильтров

Убедиться, что на блоке АК имеется сигнал неисправности
(см.п.2.7). Присоединить измерительный генератор к клеммам “ЛФ” и
“75 Ом” на блоке ЛФ (рис.8.1). Схема подключения генератора при всех
измерениях по п. 2.10 не изменяется.

2.10.1. Проверка характеристики ЛФ

Установить на генераторе частоту передатчика и напряжение 1 В, которое далее поддерживать постоянным. Подключить вольтметр к гнезду “Вход” блока ПРМ1 и измерить напряжение на частоте передатчика $U_{\text{лф.пер.}}$ и на частотах, отличающихся от нее в обе стороны на 1, 2, 3, 5 и 10%. Найти два значения частоты $f_{\text{лф.макс.}}$ и $f_{\text{лф.мин.}}$, при которых напряжение в гнезде “Вход” составляет $0,707 \cdot U_{\text{лф.пер.}}$.

Рассчитать значение полосы пропускания ЛФ

$\Delta f_{\text{лф.}} = f_{\text{лф.макс.}} - f_{\text{лф.мин.}}$, которое должно соответствовать значениям, приведенным в табл.П1.1 приложения 1 с точностью $\pm 10\%$.

2.10.2. Проверка характеристики ВФ

Установить на генераторе частоту приемника и такое напряжение, чтобы в гнезде “Вход” блока ПРМ1 было напряжение 1 В. При дальнейших измерениях поддерживать напряжение в гнезде “Вход” постоянным. Подключить вольтметр к гнезду УВЧ блока ПРМ1 и измерить напряжение на частоте приемника $U_{\text{вф.прм}}$ и на частотах, отличающихся от нее в обе стороны на 1, 2, 3, 5 и 10%. Найти два значения частоты $f_{\text{вф.макс.}}$ и $f_{\text{вф.мин.}}$, при которых напряжение в гнезде УВЧ составляет $0,707 U_{\text{вф.прм.}}$.

Рассчитать значение полосы пропускания ВФ

$\Delta f_{\text{вф.}} = f_{\text{вф.макс.}} - f_{\text{вф.мин.}}$, которое должно соответствовать значениям, приведенным в табл.П1.2 приложения 1 с точностью $\pm 10\%$.

2.10.3. Проверка характеристики ФПЧ

Установить на генераторе частоту приемника и такое напряжение, чтобы в гнезде “УВЧ” блока ПРМ1 было напряжение 500 мВ. При дальнейших измерениях поддерживать напряжение в гнезде “УВЧ” постоян-

ным. Подключить вольтметр к гнезду “ПЧ” на блоке ПРМ1 и измерить напряжение при частотах (на генераторе) приемника $U_{пч.прм}$ и отстоящих от нее в обе стороны на 0,5; 1,5; и 3,0 кГц. Найти два значения частоты $f_{пч.макс}$ и $f_{пч.мин}$, при которых напряжение в гнезде “ПЧ” составляет $0,707U_{пч.прм}$

Рассчитать значения:

- полосы пропускания ФПЧ

$$\Delta f_{пч.} = f_{пч.макс} - f_{пч.мин}$$

Значение $\Delta f_{пч.}$ должно быть 1,8 — 2,2 кГц.

- коэффициента симметрии

$$K_c = (f_{пч.макс} - f_{прм}) / (f_{прм} - f_{пч.мин})$$

Значение K_c должно быть в пределах 0,8 — 1,2.

- избирательности при расстройках на 3 кГц и 1,5 кГц

$$A_{из} = 20 \lg(U_{пч.прм} / U_{пч.расстр}).$$

Значения должны быть:

при расстройке на 3 кГц не менее 30 дБ;

при расстройке на 1,5 кГц 10 — 15 дБ.

2.11. Проверка действия автоконтроля

Установить на блоке ЛФ переключку ЛФ – 75 Ом. Включить питание, зафиксировать время. Проверить омметром, что цепи контактов ХТ2/8, ХТ2/9(СИГН.НЕИСПР), ХТ2/5, ХТ2/6(СИГН.ТМ) и ХТ2/10, ХТ2/11(СИГН.ПРЕДУПР) не замкнуты, ХТ2/3, ХТ2/4(ВЫВ.ЗАЩ) — замкнуты.

Через 3 мин. 20с после включения питания должны кратковременно засветиться два раза светодиоды «ПРМ ОСН.» и «ПРМ ГРУБ.» на блоке ПРМ2. Должен засветиться светодиод «КОНТР.ПРОВ.» на блоке АК.

Еще через 3 мин. 20с светодиоды приемников должны снова кратковременно засветиться, после чего должны постоянно светиться красные светодиоды «УВЕЛ.ЗАТ.2» , «ОТС.ОТВ.2» (для аппарата N1) или «УВЕЛ.ЗАТ.1», «ОТС.ОТВ.1» (для аппарата N2), «НЕИСПР.ОБЩ».

Проверить омметром, что цепи контактов ХТ2/8, ХТ2/9(СИГН.НЕИСПР) и ХТ2/5, ХТ2/6(СИГН.ТМ) замкнуты, а ХТ2/3, ХТ2/4(ВЫВ.ЗАЩ) — разомкнуты.

Нажать кнопку «СБРОС», красные светодиоды должны погаснуть. Дважды нажать кнопку «ПУСК АК», должна возникнуть та же сигнализация, что указана выше.

2.12. Проверка передачи сигналов телефона

Переключить перемычку «РАБОТА ТЛФ» в блоке МУС в положение ТЛФ. Нажать кнопку «ПРМ-ПРД» на блоке ПРМ1. Измерить ток выхода передатчика по прибору. Он должен составлять 0,4 – 0,6 от значения, измеренного по п.2.3. При необходимости регулировать ток резистором R15 в блоке МУС.

Наблюдать по осциллографу форму кривой напряжения на выходе передатчика. При свисте в микрофон должна наблюдаться амплитудная модуляция выходного напряжения. Глубина модуляции определяется по формуле $(A-B)/(A+B)$, где А — максимум огибающей, Б — минимум огибающей. Она должна составлять 30-50%. При необходимости регулировка производится резистором R53 в блоке ПРМ1. Отжать кнопку «ПРМ-ПРД».

Нажать кнопку «ВЫЗОВ». На выходе передатчика должно наблюдаться напряжение, модулированное по амплитуде с глубиной 80 – 100 %. Отжать кнопку «ВЫЗОВ».

Перевести перемычку в блоке МУС в положение «РАБОТА».

2. Совместная проверка приемопередатчиков в схеме искусственного канала в лаборатории

Соединить приемопередатчики через магазин затухания, установив на нем такое затухание, чтобы запас был равен 10 – 12 дБ. Проверить работу автоконтроля в нормальном режиме. Увеличивая затухание, проверить сигнализацию неисправности «УВЕЛ.ЗАТ.» и «ОТС.ОТВ.» на обоих приемопередатчиках. В случае использования дистанционного сброса проверить его действие. Проверить работу телефонной связи.

3. Наладка приемопередатчиков в канале

При наладке приемопередатчик установлен на панели.

При работе приемопередатчиков с панелями защиты ЭПЗ-1643 цепь выхода приемника (на внешнем клеммнике) зашунтировать цепочкой из последовательно соединенных двух диодов Д 226 и резистора 300 Ом 1 Вт. Катод диода должен быть соединен с плюсом питания.

При работе приемопередатчиков с панелями защиты ДФЗ зашунтировать цепочкой из последовательно соединенных двух диодов Д 226 и резистора 300 Ом 1 Вт обмотки реле:

- 2 – 9 РП в защите ДФЗ – 201 и ДФЗ – 504;
- 6 КР 2 в защите ДФЗ – 2.

Катод диода должен быть соединен с плюсом питания.

При работе с защитой ДФЗ – 201 устанавливать ток приема 20 мА и переключить первичную обмотку органа сравнения фаз на отвод.

Присоединить к приемопередатчику цепи, связывающие его с релейной частью: питания, манипуляции*, пуска, останова, безынерционно-го пуска*, приемника, сигнализации, вывода защиты.

4.1. Измерение пульсаций питающего напряжения

Измерить переменную составляющую напряжения батареи вольтметром МВЛ (или подобным), подключив его через конденсатор 0,1мкФ 250 В. Можно производить измерения осциллографом.

Действующее значение переменной составляющей должно быть не более 12В.

4.2. Измерение входного сопротивления ВЧ кабеля

Подключить передатчик к ВЧ кабелю, включив в цепь выхода высокочастотный (желательно термоэлектрический) амперметр на 1А. Следует иметь в виду, что прибор приемопередатчика является лишь индикатором. Выходное напряжение передатчика измерять ВЧ вольтметром. Установить переключку на блоке ЛФ в положение ЛФ — ЛИН. Включить питание приемопередатчика. Отключить манипуляцию*. Нажать кнопку ПН. Замерить выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ и ток $I_{\text{вых}}$.

Рассчитать входное сопротивление кабеля: $Z_{\text{вх}} = U_{\text{вых}} / I_{\text{вых}}$.

4.3. Измерение выходной мощности и согласование передатчика с ВЧ кабелем (при необходимости)

Если значение входного сопротивления кабеля находится в пределах от 50 до 100 Ом, то дополнительное согласование передатчика с кабелем не требуется. Следует рассчитать выходную мощность передатчика:

$$P_{\text{вых}} = U_{\text{вых}} \cdot I_{\text{вых}}$$

Значение мощности должно быть не ниже 30 Вт при частотах до 400 кГц и не ниже 20 Вт при частотах выше 400 кГц. Если значение входного сопротивления кабеля выходит за указанные пределы, то следует провести дополнительное согласование передатчика с кабелем, изменяя отводы на выходном трансформаторе Т1 линейного фильтра.

Окончательная установка мощности производится при регулировке запаса по перекрываемому затуханию (п.4.7).

4.4. Измерение уровня помех в канале

Желательно оценить отдельно уровень флуктуационных помех в полосе канала и уровни помех от соседних каналов. Оценка уровня помех в полосе канала важна для линий большой протяженности, т.к. приемник ПВЗ-90М может работать на максимальной чувствительности, если уровень чувствительности выше уровня флуктуационных помех на 10 дБ (в 3 раза по напряжению). Допустимость уровня селективных помех оценивается с учетом избирательности приемника.

Удобнее всего измерять уровни помех с помощью селективного измерителя уровня. Измерение помех проводится на перемычке ЛФ — ЛИН при незапущенных передатчиках.

При отсутствии селективного измерителя уровня помехи в полосе канала могут быть измерены в гнездах приемопередатчика при присоединении его к ВЧ кабелю. Напряжение помех измеряется на выходе УПЧ (гнездо ПЧ). Напряжение помех в этом гнезде сравнивается с напряжением сигнала $U_{пч.ч}$, измеренным по п.2.8.4. Если напряжение $U_{пч.ч}$ превышает помеху не менее, чем в 3 раза (на 10 дБ), то приемник можно использовать на максимальной чувствительности, если же соотношение меньше, то приемник необходимо загружать.

4.5. Регулировка телефонной связи

Перевести перемычку «РАБОТА» в узле МУС в положение «ТЛФ». Измерять вольтметром и наблюдать по осциллографу напряжение на выходе приемопередатчика.

Нажать кнопку «ПРМ-ПРД» на блоке ПРМ1. Выходное напряжение должно составлять 0,4 — 0,6 от измеренного по п.4.3. Проверить наличие модуляции выходного сигнала при разговоре. Нажать кнопку

«ВЫЗОВ» на блоке ПРМ1. Выходное напряжение должно быть модулировано частотой 1000 Гц.

Получив ответ, отрегулировать требуемую громкость в телефоне с помощью потенциометра «УРОВ.ТЛФ», шлиц которого выведен на переднюю панель блока ПРМ1. При необходимости можно регулировать также потенциометром R14 в блоке ПРМ1.

4.6. Измерение затухания канала

Измерение производится поочередно в каждую сторону.

На передающей стороне передатчик запустить кнопкой «ПН» (без манипуляции*), измерить выходную мощность по п.4.3., определить уровень передачи $p_{пер}$.

На приемной стороне уровень приема $p_{пр}$ может быть измерен несколькими способами.

При наличии селективного измерителя уровня ВЧ кабель нагружается на 75 Ом установкой перемычки ЛИН — 75 на блоке ЛФ. Измеряется уровень приема $p_{пр}$ селективным измерителем.

При отсутствии селективного измерителя уровень приема на нагрузке 75 Ом может быть определен с помощью вольтметра при условии, что напряжение помех по п.4.4. ниже измеренного напряжения суммы сигнала и помехи не менее, чем в два раза. В этом случае напряжение приема (полезного сигнала) может быть вычислено

$$U_{пр.сигн.} = \sqrt{U_{(сигн.+пом.)}^2 - U_{пом.}^2}.$$

При большом уровне помех и отсутствии селективного измерителя уровень приема рассчитывается на основании измерений сигнала в тракте приемника. ВЧ кабель присоединяется к приемопередатчику установкой перемычки ЛФ — ЛИН на блоке ЛФ. Измеряется напряжение сигнала в гнезде УВЧ и пересчитывается ко входу в соответствии с коэффициентом передачи, определенным по п.2.8.4. Рассчитывается уровень приема $p_{пр}$, предполагая, что входное сопротивление равно 75 Ом.

Результаты измерений будут достоверны в случае, если напряжение, измеренное в гнезде УВЧ, превышает напряжение, соответствующее чувствительности (п.2.8.4), не более, чем в 20 раз, что определяется динамическим диапазоном приемника.

Рассчитывается затухание канала $A_k = p_{пер} - p_{пр}$.

4.7. Измерение и регулировка запаса по перекрываемому затуханию

Измерение производится поочередно в каждую сторону. Измерение будет достоверным, если уровень помех в полосе канала (п.4.4.) ниже уровня чувствительности приемника не менее, чем на 10 дБ. В противном случае необходимо заглубить приемник.

Измерение можно производить двумя способами. При наличии магазина затуханий с сопротивлением 75 Ом или 100 Ом он включается на входе приемопередатчика на приемной стороне, устанавливается нулевое затухание. Запустить передатчик кнопкой «ПН» (при снятой манипуляции*). На приемной стороне вводить затухание на магазине до тех пор, пока не появится (ДФЗ) или не начнет снижаться (ДЗ) ток приема, контролируемый по прибору. Введенное на магазине значение равно запасу по перекрываемому затуханию.

Если магазин затухания отсутствует, можно определить запас по отношению напряжения $U_{пч}$ в гнезде ПЧ приемника к напряжению $U_{пч.ч}$ в этом гнезде (п. 2.8.4):

$$A_{зан} = 20 \lg (U_{пч} / U_{пч.ч}).$$

Значение, полученное по этому выражению, достоверно, если оно менее 20 дБ. Нормальное значение запаса должно быть равно 8 дБ плюс запас на гололед. При излишнем запасе требуется ввести дополнительное затухание аттенуатором приемника или уменьшить выходную мощность передатчика. Для этого следует ввести резистор R19 в блоке МУС или включить внешний резистор между зажимами ХТ1/5, ХТ1/6 (+МУС).

Если регулировка запаса произведена путем введения аттенюатора в приемнике, то необходимо измерить вновь чувствительность приемника по п.2.8. и отрегулировать работу телефона по п.4.5.

То же относится к мощности передатчика, если она регулировалась.

4.8. Проверка биений сигналов двух передатчиков

Запустить оба передатчика кнопками «ПН» (при снятой манипуляции)*. Наблюдать по осциллографу форму кривой тока приема на зажимах ХТЗ/11, ХТЗ/12(ОСЦ ПРМ). В токе не должно быть всплесков (ДФЗ) или провалов (ДЗ), что свидетельствует об отсутствии нулевых биений.

4.9. Проверка действия автоконтроля и дистанционного сброса

Проверка проводится на каждом конце поочередно. Включить в канал магазин затуханий, установить нулевое затухание. Дважды нажать кнопку «ПУСК АК» на блоке АК, светодиоды «ПРМ ОСН.» и «ПРМ ГРУБ.» должны засветиться кратковременно, а по окончании проверки красные светодиоды не должны светиться.

Ввести на магазине затухание на 1 — 2 дБ больше, чем установленный запас по затуханию канала. Дважды нажать кнопку «ПУСК АК».

Должны загореться светодиоды «ОТС.ОТВЕТА» и «УВЕЛ.ЗАТУХ». противоположного конца и «НЕИСПР.ОБЩ.» Нажать кнопку «СБРОС», светодиоды должны погаснуть.

Уменьшить затухание магазина на 5 дБ. Дважды нажать кнопку «ПУСК АК». Должны загореться светодиоды «УВЕЛ.ЗАТУХ». противоположного конца и «НЕИСПР.ОБЩ.». Нажать кнопку «СБРОС».

Регулируя затухание магазина и дважды запуская АК, установить, при каком приросте затухания канала начинается сигнализация «УВЕЛ.ЗАТУХ». Требуемую величину можно установить, подбирая резистор R9 (блок ПРМ2).

Убедиться, что при сигнализации неисправности производится внешняя сигнализация и вывод защиты.

Проверка действия дистанционного сброса. Дистанционный сброс сигналов неисправности (ДС) вводится в действие только в тех случаях, когда это необходимо, например, если на одном из концов канала нет обслуживающего персонала. При этом в блоке АК устанавливаются соответствующие перемычки на передающем и принимающем ДС концах (по описанию).

На магазине затухания установить затухание, превышающее запас на 1-2 дБ. С конца, принимающего ДС, дважды запустить АК. Должны загореться светодиоды в соответствии с п.4.9.

Уменьшить затухание на 5 дБ. На передающем конце нажать кнопку «ДИСТ.СБРОС». Светодиоды неисправности на принимающем конце должны погаснуть.

5. Проверка взаимодействия приемопередатчиков с релейной частью защиты

5.1*. Снятие фазной характеристики и регулировка угла блокировки

Проверка производится поочередно на каждом конце линии. На проверяемом конце создается схема для регулировки фазы манипуляции передатчика с помощью фазорегулятора. Наблюдается по осциллографу форма импульсов напряжения ПЧ в гнезде ПЧ блока ПРМ и форма импульсов на выходе приемника.

Установить на блоке ЛФ перемычку ЛФ — ЛИН. Запустить передатчики на обоих концах линии.

Проверить правильность фазировки импульсов передатчиков при нормальном режиме. Установить напряжение манипуляции 100 В. Регулируя фазу напряжения манипуляции с помощью фазорегулятора, снять зависимость тока в реле органа сравнения фаз от угла сдвига фаз импульсов своего и дальнего передатчиков и зафиксировать значения углов блокировки по срабатыванию реле в защите.

При необходимости отрегулировать значения угла блокировки регулировкой тока срабатывания этого реле.

5.2. Опробование действия, фиксация параметров панели

5.2.1. Опробование действия ДФЗ

Имитировать поочередно на каждом конце действие защиты при к.з на защищаемой линии и внешнем к.з. Регулируя ток, подаваемый в панель, зафиксировать его значения, соответствующие замеренным напряжениям полной манипуляции (п.2.6), безынерционного пуска (п.2.5) и момент контактного пуска.

Проверить выходную мощность, форму импульсов, ток приема при пуске с манипуляцией, БИ пуске, останове.

5.2.2. Опробование действия ДЗ

На обоих концах линии установить на блоках ЛФ перемычки ЛФ—ЛИН. Регулируя режимы релейных частей защиты, имитировать к.з. на защищаемой линии и внешнее к.з. Проверить правильность действия защиты на каждом конце. Зафиксировать значения тока при пуске и останове приемопередатчика.

5.3*. Фазировка

Подключить к панели токовые цепи. Запустить приемопередатчики на обоих концах линии. По осциллографу убедиться, что в режиме сквозного тока импульсы своего и дальнего передатчиков перекрываются.

5.4. Фиксация режимов приемопередатчиков

Измерить и записать в протокол напряжения в измерительных гнездах при незапущенных передатчиках, а также при работе своего и дальнего передатчиков.

6. Проверка помехозащищенности приемопередатчиков

6.1*. Искусственно замыкать и размыкать контакты токового реле 1РТ-2 в релейной части защиты. Убедиться, что в выходном напряжении запущенного передатчика отсутствуют провалы. В противном случае исследовать пути проникновения помех.

6.2. Собрать схему пульсатора по рис.8.2. В этой схеме реле Р1 (РП 252 или аналогичное) пульсирует с периодом 1-2 с. Период определяется подбором емкости С1. Отпадая, реле Р1 разрывает цепь катушки указательного реле Р2 (РУ 21/220). На катушке возникают перенапряжения, которые через конденсаторы С2 и С3 подаются на испытываемые цепи.

На блоке ЛФ установить перемычку ЛФ — 75 Ом. Подключить электронный осциллограф на 75 Ом. Снять манипуляцию*. Включить пульсатор. Подключать конденсаторы С2 и С3 к корпусу и поочередно к зажимам ХТ1/7(+БАТ), ХТ1/9(-БАТ), ХТ2/8, ХТ2/9(СИГН.НЕИСПР), ХТ2/10, ХТ2/11(СИГН.ПРЕД) при двух полярностях.

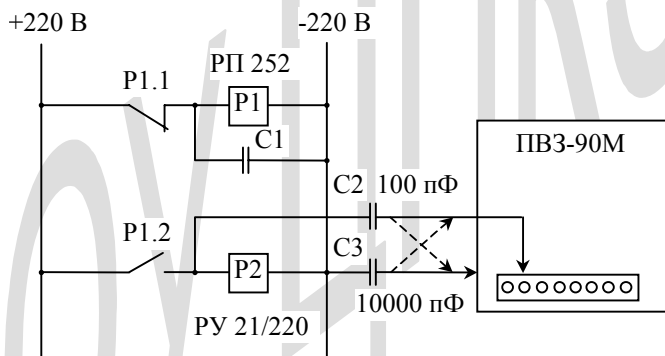


Рис.8.2.Схема проверки помехоустойчивости приемника

При этом не должно наблюдаться: пусков передатчика, когда кнопка ПН не нажата и провалов в выходном напряжении, когда кнопка ПН нажата.

6.3. Для проверки помехозащищенности желательно провести операции разъединителями на каждом конце линии. Операции должны проводиться либо линейным разъединителем при отключенном выключателе на своем конце и подаче напряжения с другого конца линии, либо другим разъединителем на подстанции.

Во время операции наблюдать и измерять по осциллографу напряжение на линейном входе приемопередатчика. При этом использовать делитель напряжения, учитывая, что амплитуды импульсов могут достигать 1000 В.

Во время и после операций не должно быть ложных действий системы автоконтроля. После операций проверить выходную мощность передатчика и напряжения в гнездах по тракту приемника. Не должно быть изменений по сравнению с данными п.5.4.

Осмотреть блок ЛФ. В нем не должно быть следов пробоев и перекрытий. Проверить исправность стабилитронов в блоке ЛФ.

8.3 Образец протокола наладки и испытаний в эксплуатационных условиях комплекта приемопередатчиков типа ПВЗ-90М и ВЧ защиты

Протокол составляется для каждого конца канала.

Наладка проводилась с _____ по _____ 199..г.

В наладке принимали участие _____

Место установки: (№ ВЛ, наименования данного пункта и других концов канала).

Параметры канала: (класс напряжения ВЛ, ее длина, наличие транспозиций, ответвлений, рабочая фаза, частота, типы и параметры устройств обработки и присоединения, ссылки на протоколы их испытаний и измерений параметров канала, наличие на ВЛ других ВЧ каналов, их частоты).

Тип защиты:

Приемопередатчик N _____ (заводской №).

1. Предварительная проверка

1.1. Произведен внешний и внутренний осмотр приемопередатчика.

Результаты:

1.2. Проверка передатчика и приемника по встроенному прибору

	Передатчик не пущен	Передатчик пущен
Ток выхода передатчика, дел.		
Ток приемника, дел.		

1.3. Проверка автоконтроля

Номер приемопередатчика в системе АК _____

Сигнализация при работе устройства АК :

Заключение по результатам предварительной проверки: (исправен, неисправен).

2. Проверка параметров и характеристик приемопередатчика

2.1 Измерение сопротивления и испытание изоляции

Испытания изоляции проведены с помощью установки _____ на-
пряжением _____. Изоляция испытания выдержала.

Сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром на 500 В, со-
ставило не менее _____ МОм.

2.2 Проверка блока питания

Порог отключения БП - _____ В.

Порог включения БП - _____ В.

Характеристики БП.

Напряжение питания, В	176	220	242
5 В			
18 В			
24 В			
24 В ИЗ			
100 В			
Ток БП при непуц. ПРДА			
Ток БП при пуц. ПРДА			

2.3 Измерение выходной мощности и частоты передатчика

Напряжение питания, В	176	220	242
Вых.напряжение ПРД,В			
Вых.мощность, Вт			
Частота ПРД, Гц			
Ток вых.дел			

Мощность передатчика корректируется при двусторонней проверке (п.4.3, 4.7)

Выходное напряжение при непущенном передатчике _____ мВ.

2.4 Проверка контактного пуска и останова

При снятой перемычке между зажимами «+100В», «КОНТ.ПУСК» выходное напряжение достигает номинальной величины. При установленной перемычке «+100 В», «ОСТАНОВ» выходное напряжение равно _____.

2.5* Измерение напряжения безынерционного пуска

(выполняется для случаев, когда БИ пуск используется).

Напряжение БИ пуска составляет _____

Возврат БИ пуска — при напряжении. _____

2.6* Проверка характеристики манипуляции

Ширина импульсов ПРД при $U_{ман}=100$ В составляет _____ эл.град.

Ширина паузы _____ эл.град.

Ток выхода приемника (при $U_{ман}=0$ В) _____ мА

Ток приема (при $U_{ман}=100$ В) _____ (что соответствует _____ эл.градусов).

При токе приема на 1,0 мА меньше, что равноценно уменьшению угла манипуляции на 15 эл.град., напряжение полной манипуляции $U_{п.ман.}=$ _____.

2.7. Снятие частотной характеристики входного сопротивления приемопередатчика

Входное напряжение _____ В, последовательный резистор 75 Ом.

Частота, кГц			$f_{пер}$		
Напряжение UR , мВ					
$Z_{вх}$, Ом					

2.8 Проверка чувствительности приемника

Порог чувствительности _____

Порог запираения, насыщения (чувствительность) _____

Чувствительность грубого ПРМ _____

На уровне порога запираения, насыщения измерены:

Напряжение УВЧ ($U_{увч.ч}$) _____

Напряжение ПЧ ($U_{пч.ч}$) _____

Отношение чувствительности к порогу чувств. _____

Отношение чувств.груб.ПРМ к чувств.основ.ПРМ _____

При двусторонней проверке канала чувствительность корректируется (см. п.4.7).

2.9. Снятие амплитудной характеристики тракта приема

$U_{вх}, \text{мВ}$							
$U_{увч}, \text{мВ}$							
$U_{пч}, \text{мВ}$							

$$U_{увч.макс} / U_{увч.ч} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$U_{пч.макс} / U_{пч.ч} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2.10 Проверка частотных характеристик фильтров

2.10.1. Характеристика ЛФ

$$U_{ген} = \dots\dots\dots = Const$$

$f_{ген} = f_{пер} \pm \%$	-10	-5	-3	-2	-1	$f_{пер}$	+1	+2	+3	+5	+10
$f_{ген}, \text{кГц}$											
$U_{лф}(\text{ГН.ВХОД}), \text{мВ}$											

	$f_{лф.мин.}$	$f_{лф.макс.}$	$\Delta f_{лф} = \underline{\hspace{2cm}}$
$f_{ген}, \text{кГц}$			
$U_{лф}(\text{ГН.ВХОД}), \text{мВ}$			

2.10.2.Характеристика ВФ

$$U_{выход} = \underline{\hspace{2cm}} = Const$$

$f_{ген} = f_{нрм} \pm \%$	-10	-5	-3	-2	-1	$f_{нрм}$	+1	+2	+3	+5	+10
$f_{ген}, \text{кГц}$											
$U_{вф}(\text{ГН.УВЧ}), \text{мВ}$											

	$f_{вф.мин.}$	$f_{вф.макс.}$	$\Delta f_{вф} = \underline{\hspace{2cm}}$
$f_{ген}, \text{кГц}$			
$U_{вф}(\text{ГН.УВЧ}), \text{мВ}$			

2.10.3. Характеристика ФПЧ

$$U_{\text{вч}} = \text{_____} = \text{Const}$$

$f_{\text{ген}} = f_{\text{нрм}} \pm \text{кГц}$	-3,0	-1,5	-0,5	$f_{\text{нрм}}$	+0,5	+1,5	+3,0
$f_{\text{ген}}, \text{кГц}$							
$U_{\text{пч}}$ (гн. ПЧ), мВ							
$A_{\text{из}}, \text{дБ}$							

	$f_{\text{пч.мин.}}$	$f_{\text{пч.макс.}}$	$\Delta f_{\text{пч}} = \text{_____}$ к-т симметрии = _____
$f_{\text{ген}}, \text{кГц}$			
$U_{\text{пч}}$ (гн. ПЧ), мВ			

2.11. Проверка действия автоконтроля

Характеристика работы АК в нормальном режиме и при неисправностях: (действует правильно или есть нарушения).

2.12. Проверка передачи сигналов телефона

В блоке МУС установлена переключатель ТЛФ. При нажатии кнопки «ПРД» выходное напряжение передатчика _____ В. При свисте в микрофон наблюдается амплитудная модуляция выходного напряжения. Глубина модуляции _____ %. При нажатии кнопки «ВЫЗОВ» глубина модуляции _____ %.

3. Совместная проверка двух приемопередатчиков в схеме искусственного канала

Приемопередатчики соединены между собой через магазин затухания. Значение затухания установлено таким, чтобы запас по затуханию был равен _____ дБ. Проверена работа автоконтроля и телефонной связи. Результаты _____.

4. Наладка приемопередатчиков в канале

4.1. Измерение пульсаций питающего напряжения

Значение переменной составляющей _____ В.

4.2, 4.3, 4.4, 4.6 Измерение затухания канала, уровня помех, сопротивления кабеля.

Измерения на ВЧ кабеле	Пункт1 (наименование)	Пункт2 (наименование)	Нагрузка на приемн.конце
$U_{\text{вых прд}}$, В $I_{\text{вых прд}}$, А $P_{\text{вых прд}}$, Вт			75 Ом
$U_{\text{вых прд}}$, В $I_{\text{вых прд}}$, А $Z_{\text{каб}}$, Ом			приемопередат- чик
$U_{\text{приема}}$, В $U_{\text{помехи}}$, В $U_{\text{пр.сигн}}$, В $P_{\text{пр.сигн}}$, Вт			75 Ом

Продолжение

Измерения на ВЧ кабеле	Пункт1 (наименование)	Пункт2 (наименование)	Нагрузка на приемн.конце
$U_{\text{приема}}$, В			приемопередат- чик
$U_{\text{помехи}}$, В			
$U_{\text{пр.сигн}}$, В			

Для канала Пункт1 — Пункт2: $A_{\text{кан.}} =$ _____ дБ

Для канала Пункт2 — Пункт1: $A_{\text{кан.}} =$ _____ дБ.

4.7. Измерение и регулировка запаса по перекрываемому затуханию

Для получения необходимого значения запаса по перекрываемому затуханию произведена регулировка чувствительности обоих приемников путем установки перемычек на аттенуаторе в блоке ПРМ1.

На Пункте 1 установлена перемычкана аттенуаторе в ПРМ1.

Чувствительность основного ПРМ _____

Чувствительность грубого ПРМ _____

Запас по перекрываемому затуханию _____ дБ.

На Пункте 2 установлена перемычкана аттенуаторе в ПРМ1.

Чувствительность основного ПРМ _____

Чувствительность грубого ПРМ _____

Запас по перекрываемому затуханию _____ дБ.

Выходная мощность передатчиков снижена (при необходимости) путем установки в блоке МУС:

$R_{19} =$ _____ Ом (Пункт1), $R_{19} =$ _____ Ом (Пункт2).

Значения мощности передатчика.

	Пункт 1		Пункт 2	
	На 75 Ом	На кабель	На 75 Ом	На кабель
$U_{\text{вых}}, \text{В}$				
$I_{\text{вых}}, \text{мА/дел}$				
$P_{\text{вых}}, \text{Вт}$				

4.8. Проверка биений сигналов двух передатчиков

Биения на выходах приемников не наблюдаются, поскольку разность напряжений собственного передатчика и принимаемого сигнала существенно выше чувствительности приемника.

4.9. Проверка действия автоконтроля и дистанционного сброса (в случае его использования)

На обоих концах линии зашунтированы цепочкой из двух диодов Д 226 и резистора 100 Ом обмотки реле:

- в защите ДФЗ-2 - 6 КР2;
- в защите ДФЗ-201 - 9 РП.

Автоконтроль работает правильно как при нормальном, так и при аварийном режимах. Дистанционный сброс работает правильно.

Внешняя сигнализация работает правильно.

5. Проверка взаимодействия приемопередатчиков с релейной частью защиты

5.1*Снятие фазной характеристики и регулировка угла блокировки

Пункт (наименование)_____

Угол	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Ток 4ПР,мА												

Углы срабатывания реле 4 ПР 1ср.=_____, 2ср.=....

Углы возврата реле 1воз.=...., 2воз.=....

Ток срабатывания 4 ПР =....

Ток возврата 4 ПР =....

5.2. Проверено действие защиты на обоих концах линии при имитации к.з. внешнего и на защищаемой линии. Защита действовала правильно, производилась соответствующая сигнализация.

Значения тока при: контактном пускеА, БИ пускеА, полной манипуляции А.

5.3*. Фазировка

Проверена фазировка токов по концам линии. Обеспечивается перекрытие импульсов передатчиков при сквозном токе.

5.4 Фиксация режимов приемопередатчика (без манипуляции)

Пункт (наименование) _____.

Узел	Гнездо	Ед. изм.	Напряжение, В			Прибор
			Без пус- ков	Пуск сво- его ПРД	Пуск противо- полож. ПРД	
ГСЧ	1 кГц	В	пи	пи	пи	осц.
	ГЕТ	В	пи	пи	пи	осц.
	ВЧ	В	ип	ип	ип	осц.
УПР	Вх.МУС	В	пн	ип	пн	осц.
ЛФ	ВЫХ	В	пом	с	с	вольтм.
ПРМ1	Вход	В	пом	ип	ис	вольтм.
	УВЧ	В	пом	ис	с	вольтм.
	ПЧ	В	пом	с	с	вольтм.
ПРМ2	ПРМ.ОСН	В	пн	пн	пн	осц.
	ПРМ.ГРУБ	В	пн	пн	пн	осц.
	Ток пр	дел.				
	Ток вых.	дел.				

ПИ – прямоугольные импульсы (амплитуда в импульсе и паузе);

ИП – искаженные прямоуг.импульсы (амплитуда в импульсе и паузе);

С - синусоида (значение по вольтметру);

ПН – постоянное напряжение;

ИС – искаженная синусоида ;

пом.- помеха.

Напряжения вторичного питания (по прибору приемопередатчика)

Номинальное напряжение, В	Шкала прибора, В	Значение, дел.
5	10	
18	25	
24	25	
24 ИЗ.	25	
100	100	

6. Проверка помехозащищенности приемопередатчиков

На ПС _____ была собрана установка для имитации импульсных помех (согласно методики испытаний). На катушке блинкера РУ 21/220 наблюдались импульсы амплитудой до 2,5 кВ. Эти импульсы прикладывались между корпусом ПВЗ-90М и цепями, связанными с батареей 220 В. Воздействие импульсов не вызывало пуска передатчика и провалов в выходном напряжении запущенного передатчика.

7. Заключение

Комплект приемопередатчиков ПВЗ-90М на кГц работоспособен и может быть включен в опытную эксплуатацию в составе защиты _____ ВЛ _____ с действием сначала на сигнал, а затем — на отключение.

Подписи.

9. Рекомендации по эксплуатации ВЧ канала защиты

9.1. Текущая эксплуатация

Для организации текущей эксплуатации на каждом объекте должна быть инструкция для оперативного персонала.

Инструкция должна содержать сведения о ВЧ канале (рабочая фаза, частота, наличие других каналов, нормальные значения тока выхода передатчика и тока приемника), указания по выводу защиты из действия (перечень автоматов в цепях питания, накладок в выходных цепях), указания по технике безопасности при работе на панели, фильтре присоединения, кабеле.

Контроль исправности аппаратуры и ВЧ канала осуществляется автоматически с помощью устройства АК в приемопередатчике.

Периодичность автоконтроля устанавливается кнопкой на блоке АК. Рекомендуется устанавливать нормальную периодичность в обычных условиях работы и ускоренную при опасности возникновения на линии гололеда или инея.

В период до первого профконтроля можно проводить периодические измерения тока выхода передатчика и тока приемника, чтобы убедиться в их стабильности.

В случае возникновения сигнализации неисправности следует записать сигналы и выяснить, какая сигнализация произошла на противоположном конце канала. Если сигналы соответствуют друг другу, нажать на обоих концах кнопки СБРОС на блоке АК и поочередно с каждой стороны дважды запустить АК кнопкой «ПУСК».

Если сигнализация повторилась, следует вывести защиту из действия накладками. Запуская передатчик кнопкой «ПУСК» на блоке УПР, проверить ток выхода передатчика и ток приемника. Повторить то же при запуске передатчика с противоположной стороны и одновременном запуске с двух сторон.

В случае отклонения значений токов от нормальных следует проверить режимы в измерительных гнездах на блоках и сравнить их с имеющимися в протоколе наладки по п.5.4.

В случае, если режим приемопередатчика нормален, а сигнализация вызвана неисправностью устройства АК, приемопередатчик может быть введен в работу без блока АК, который может быть даже извлечен из корпуса. При этом следует нажать кнопку «БЛОКИР АК» на блоке УК.

При отсутствии АК контроль канала должен производиться вручную путем пуска передатчиков поочередно и одновременно на обоих концах кнопками «ПУСК» на блоке УПР. При этом должны проверяться значения тока выхода передатчика и тока приемника по встроенному прибору.

9.2. Первый профконтроль

Периодичность проведения проверок устанавливается службами РЗА энергосистем на основании действующих норм. Первый профконтроль, как правило, проводится через год после ввода защиты в эксплуатацию.

Рекомендуется следующий объем проверок (в скобках указаны пункты методики разд. 8.2, в соответствии с которыми проводятся проверки). Результаты измерений должны оформляться протоколом и сравниваться с данными протокола наладки.

- Внутренний осмотр блоков аппаратуры, проверка состояния деталей и монтажа (п.1.1)
- Проверка режима работы приемопередатчиков в контрольных гнездах (п.5.4).
- Измерение затухания канала (п.4.6).
- Измерение запаса по перекрываемому затуханию (п.4.7)
- Проверка действия автоконтроля и дистанционного сброса при увеличении затухания, нарушении канала и имитации повреждений аппаратуры (п.4.9).

- Проверка периодичности действия часов.(п.2.11).
- Опробование действия защиты (п.5.2).

9.3. Профвосстановление

Периодичность проведения профвосстановления в различных энергосистемах устанавливается 6 — 8 лет.

- Рекомендуется следующий объем проверок (в скобках указаны пункты методики разд. 8.2, в соответствии с которыми проводятся проверки). Результаты измерений должны оформляться протоколом и сравниваться с данными протокола наладки.
- Внешний и внутренний осмотр (п.1.1).
- Измерение сопротивления изоляции (п.2.1 частично).
- Проверка блока питания (п.2.2).
- Измерение выходной мощности и частоты (п.2.3).
- Проверка контактного пуска и останова (п.2.4).
- Измерение напряжения безынерционного пуска (п.2.5).
- Проверка характеристики манипуляции (п.2.6).
- Снятие частотной характеристики входного сопротивления приемопередатчика (п.2.7).
- Проверка чувствительности приемника (п.2.8).
- Снятие амплитудной характеристики тракта приема (п.2.9).
- Проверка частотных характеристик фильтров (п.2.10).
- Измерение входного сопротивления кабеля (п.4.2).
- Измерение выходной мощности и при необходимости согласование передатчика с кабелем (п.4.3).
- Измерение уровня помех в канале (п.4.4).
- Измерение затухания канала (п.4.6).
- Измерение и при необходимости регулировка запаса по перекрываемому затуханию (п.4.7).
- Проверка биений сигналов двух передатчиков (п.4.8).

- Проверка действия автоконтроля и дистанционного сброса (п.4.9).
- Снятие фазной характеристики и при необходимости регулировка угла блокировки (п.5.1).
- Опробование действия защиты, фиксация параметров панели (п.5.2).
- Фиксация режимов приемопередатчика (п.5.4).

Приложение 1

Данные фильтров аппаратуры ПВЗ-90М методика их проверки

1. Линейный фильтр передатчика ЛФ

Диапазон рабочих частот фильтра разбит на 5 поддиапазонов, в пределах каждого из которых используются катушки индуктивности одного номинала. В пределах поддиапазона остаются постоянными значения характеристического сопротивления фильтра R_x и полосы пропускания Δf .

Таблица П1.1

№ п.п	Граничные частоты поддиапазонов, кГц	Индуктивность $L1=L2$, мГ	Характеристич. сопротивл., Ом	Полоса пропускания, кГц
1	36 — 60	10,0	112,3	5,0
2	60,5 — 120	5,0	56,0	5,0
3	120,5 — 300	1,0	22,3	10,0
4	300,5 — 400	0,2	9,0	20,0
5	401 — 600	0,2	11,1	25,0

Настройка каждого из контуров фильтра производится на одну из частот:

верхнюю $f_{пер} + 0,36 \Delta f$ или

нижнюю $f_{пер} - 0,36 \Delta f$,

где $f_{пер}$ — частота передатчика

В пределах поддиапазона настройка контуров производится подбором конденсаторов.

Характеристика рабочего затухания фильтра снимается в схеме рис.П1.1, при этом блок извлекается из корпуса приемопередатчика. Значение R_x в схеме устанавливается равным характеристическому сопротивлению фильтра для данного поддиапазона.

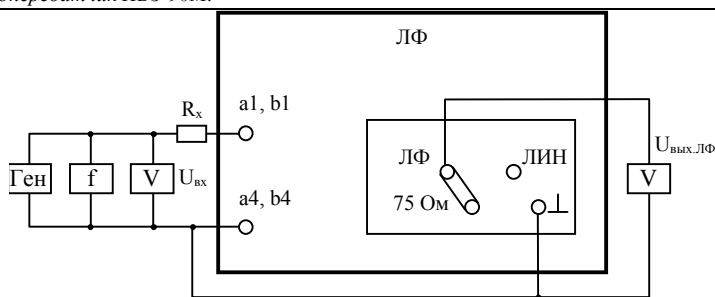


Рис.П1.1. Схема проверки линейного фильтра

Установить на генераторе частоту передатчика $f_{пер}$ и напряжение $U_{вх}=1$ В, которое далее поддерживать постоянным. Измерить выходное напряжение фильтра на нагрузке 75 Ом $U_{вых.лф.пер.}$

Устанавливая частоту генератора сначала выше, а затем ниже частоты передатчика на 1, 2, 3, 5 и 10% от $f_{пер}$, измерить значения $U_{вых.лф.}$

Определить два значения частоты $f_{лф.макс}$ и $f_{лф.мин}$, при которых выходное напряжение $U_{вых.лф} = 0,707 \cdot U_{вых.лф.пер.}$

Рассчитать значения рабочего затухания ЛФ на каждой частоте

$$a_{р.лф} = 20 \cdot \lg U_{вх}/U_{вых.лф} + 10 \cdot \lg 75/R_x - 6 \quad (\text{дБ})$$

Значение затухания на частоте $f_{пер}$ должно быть не более 1,5 дБ при частотах до 400 кГц, и не более 2 дБ при частотах выше 400 кГц.

Рассчитать значение полосы пропускания фильтра

$$\Delta f_{лф} = f_{лф.макс} - f_{лф.мин.}$$

Значение $\Delta f_{лф}$ должно соответствовать данным, приведенным в таблице П1.1 с точностью $\pm 10\%$.

Результаты измерений и расчетов заносятся в таблицы

$f_{ген}=f_{пер} \pm \%$	-10	-5	-3	-2	-1	$f_{пер}$	+1	+2	+3	+5	+10
$f_{ген}, \text{кГц}$											
$U_{вых.лф}, \text{МВ}$											
$a_{р.лф}, \text{дБ}$											

	$f_{лф.мин.}$	$f_{лф.макс.}$	$\Delta f_{лф} =$
$f_{ген}, \text{кГц}$			
$U_{вых.лф}, \text{МВ}$			

2. Входной фильтр приемника ВФ

Фильтр выполнен по схеме 3-х элементного полосового фильтра типа П₄ [8]. Диапазон рабочих частот фильтра разбит на 7 поддиапазонов, в пределах каждого из которых используются катушки индуктивности одного номинала. В пределах поддиапазона остается постоянным значение полосы пропускания фильтра. Значения емкостей конденсаторов фильтра и сопротивлений R10 и R13, включенных на входе и выходе его (равных характеристическому сопротивлению) рассчитываются и устанавливаются для каждой рабочей частоты.

Таблица П1.2

№ п.п.	Граничные частоты поддиапазонов, кГц	Номинальное значение L1=L2, мГ	Полоса пропускания, кГц	Пределы R10=R13, кОм
1	36 — 72	981	4	2 — 8,2
2	72,5 — 145	242	4	2 — 8,2
3	145,5 — 200	60	4	2 — 3,9
4	200,5 — 300	47	6	2 — 4,3
5	300,5 — 400	28	8	2 — 3,6
6	401 — 500	20	10	2 — 3,0
7	501 — 600	15	12	2 — 2,7

Оба контура настраиваются на частоту, несколько превышающую частоту приемника (примерно на 1% для 3 — 7 поддиапазонов, до 3% для 2-го и до 5% для 1 поддиапазона). Настройка производится при заданной емкости изменением индуктивностей контуров подстроечниками.

Характеристика фильтра снимается в схеме рис.П1.2, при этом блок ПРМ1 извлекается из корпуса приемопередатчика.

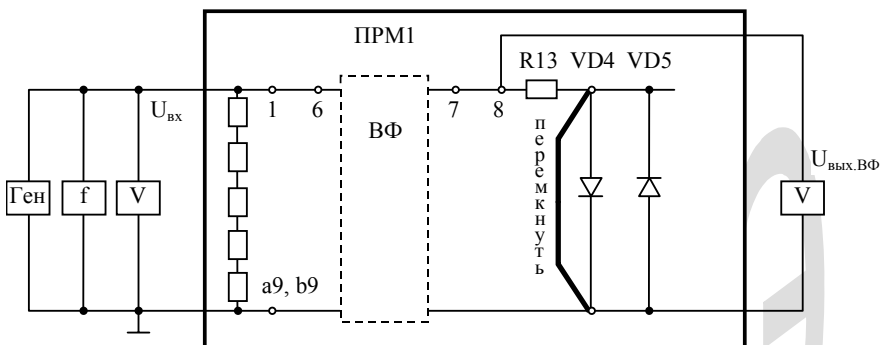


Рис.П1.2. Схема проверки входного фильтра

Установить на генераторе частоту приемника $f_{прм}$ и напряжение $U_{вх}=1В$, которое в дальнейшем поддерживать постоянным. Измерить выходное напряжение $U_{вых.вф.прм}$ на перемычке 7 — 8. Устанавливая частоту генератора сначала выше, а затем ниже частоты приемника на 1, 2, 3, 5, и 10% от $f_{прм}$, измерять $U_{вых.вф.}$.

Определить два значения частоты $f_{вф.макс}$ и $f_{вф.мин.}$ при которых выходное напряжение $U_{вых.вф.} = 0,707 \cdot U_{вых.вф.прм.}$

Рассчитать значения рабочего затухания входного фильтра на каждой частоте

$$a_{р.вф} = 20 \cdot \lg U_{вх} / U_{вых.вф} - 6 \quad (\text{дБ})$$

Значение затухания на частоте $f_{прм}$ должно быть в пределах 6—9 дБ.

Рассчитать полосу пропускания ВФ

$$\Delta f_{вф} = f_{вф.макс} - f_{вф.мин.}$$

Значение $\Delta f_{\text{вф}}$ должны соответствовать приведенным в таблице П1.2 с точностью $\pm 10\%$.

Результаты измерений и расчетов заносятся в таблицы

$f_{\text{ген}} = f_{\text{нрм}} \pm \%$	-10	-5	-3	-2	-1	$f_{\text{нрм}}$	+1	+2	+3	+5	+10
$f_{\text{ген}}$, кГц											
$U_{\text{вых. вф}}$, мВ											
$a_{\text{р. вф}}$, дБ											

	$f_{\text{вф. мин.}}$	$f_{\text{вф. макс.}}$
$f_{\text{ген}}$, кГц		
$U_{\text{вых. вф}}$, мВ		

$\Delta f_{\text{вф}} =$

3. Фильтр промежуточной частоты ФПЧ

Фильтр промежуточной частоты настраивается на одну из двух частот — 100 или 80 кГц. Фильтр состоит из пяти контуров, каждый из которых настраивается на центральную частоту фильтра. Емкости конденсаторов фильтра имеют фиксированные значения, настройка контуров производится изменением индуктивности катушек с помощью подстроечников.

Параметры фильтра:

- Полоса пропускания 1,8 — 2,2 кГц
- Затухание на центральной частоте 2 дБ
- Избирательность при расстройке на 3 кГц от центральной частоты — не менее 30 дБ.

Выполнить измерение частотной характеристики затухания непосредственно фильтра ФПЧ затруднительно, так как сложно выделить его из схемы приемника. Поэтому характеристику ФПЧ приходится снимать в схеме приемника вместе с преобразователем частоты ПЧ и усилителем УПЧ. Методика проверки приведена в разд. 8.2, п.2.10.

П Е Р Е Ч Е Н Ь
оборудования и измерительных приборов,
необходимых на каждом конце канала.

Наименование	Тип	Количество
Источник электропитания постоянного тока	Б5-50	1
Мегаомметр	Ф4102/1	1
Универсальная пробойная установка	УПУ-1М	1
Микровольтметр	ВЗ-57	2
Частотомер электронносчетный	ЧЗ-34	1
Вольтамперметр	М2038	1
Измеритель уровня избирательный		1
Осциллограф электронный	С1-65А	1
Прибор комбинированный	Ц43-15	1
Генератор сигналов высокочастотный	Г4-106	1
Магазин затуханий	на 75 Ом	1
Лабораторный автотрансформатор	ЛАТР-2	1
Разделительный трансформатор		1
Термомиллиамперметр	на 1 А	1

Примечание: указанные типы приборов не являются обязательными, они могут быть заменены на аналогичные.

Уровни, мощности, напряжения

Уровень, дБ	Уровень, Нп	Мощность, Вт	Отношение напряжений	Напряжение, В, на сопротивление, Ом	
				600	75
50	5,75	100,0	316	245	86,6
49	5,64	79,4	282	218	77,2
48	5,53	63,1	251	195	68,8
47	5,40	50,1	224	173	61,3
46	5,30	39,8	199	155	54,6
45	5,18	31,6	178	138	48,7
44	5,07	25,1	158	123	43,4
43	4,95	20,0	141	110	38,7
42	4,84	15,9	126	97,7	34,5
41	4,72	12,6	112	86,9	30,7
40	4,60	10,0	100	77,5	27,4
39	4,49	7,94	89,1	69,0	24,4
38	4,37	6,31	79,4	61,5	21,8
37	4,26	5,01	70,8	54,8	19,4
36	4,14	3,98	63,1	48,9	17,3
35	4,03	3,16	56,2	43,6	15,4
34	3,91	2,51	50,1	38,8	13,7
33	3,80	2,00	44,7	34,6	12,2
32	3,68	1,59	39,9	30,9	10,9
31	3,57	1,26	35,5	27,5	9,72

Уровни, мощности, напряжения

Уро- вень, дБ	Уровень, Нп	Мощность, мВт	Отношение напряжений	Напряжение, В, на сопротивление, Ом	
				600	75
30	3,45	1000	31,6	24,5	8,66
29	3,34	794	28,2	21,8	7,72
28	3,22	631	25,1	19,5	6,88
27	3,11	501	22,4	17,3	6,13
26	2,99	398	19,9	15,5	5,46
25	2,88	316	17,8	13,8	4,87
24	2,76	251	15,8	12,3	4,34
23	2,65	200	14,1	11,0	3,87
22	2,53	159	12,6	9,77	3,45
21	2,42	126	11,2	8,69	3,07
20	2,30	100	10,0	7,75	2,74
19	2,19	79,4	8,91	6,90	2,44
18	2,07	63,1	7,94	6,15	2,18
17	1,96	50,1	7,08	5,48	1,94
16	1,84	39,8	6,31	4,89	1,73
15	1,73	31,6	5,62	4,36	1,54
14	1,61	25,1	5,01	3,88	1,37
13	1,50	20,0	4,47	3,46	1,22
12	1,38	15,9	3,99	3,09	1,09
11	1,27	12,6	3,55	2,75	0,972
10	1,15	10,0	3,16	2,45	0,866
9	1,04	7,94	2,82	2,18	0,772
8	0,921	6,31	2,51	1,95	0,688
7	0,805	5,01	2,24	1,73	0,613
6	0,690	3,98	1,99	1,55	0,546
5	0,576	3,16	1,78	1,38	0,487
4	0,461	2,51	1,58	1,23	0,434
3	0,345	2,00	1,41	1,10	0,387
2	0,230	1,59	1,26	0,977	0,345
1	0,115	1,26	1,12	0,869	0,307
0	0,000	1,000	1,000	0,775	0,274
-1	-0,115	0,794	0,891	0,690	0,244
-2	-0,230	0,631	0,794	0,615	0,218
-3	-0,345	0,501	0,708	0,548	0,194

Уровни, мощности, напряжения

Уро- вень, дБ	Уровень, Нп	Мощность, мВт	Отношение напряжений	Напряжение, В, на сопротивление, Ом	
				600	75
-4	-0,461	0,398	0,631	0,489	0,173
-5	-0,576	0,316	0,562	0,436	0,154
-6	-0,690	0,251	0,501	0,388	0,137
-7	-0,805	0,200	0,447	0,346	0,122
-8	-0,921	0,159	0,399	0,309	0,109
-9	-1,04	0,126	0,355	0,275	0,0972

Уровни, мощности, напряжения

Уровень, дБ	Уровень, Нп	Мощность, мкВт	Отношение напряжений	Напряжение, мВ, на сопротивление, Ом	
				600	75
-10	-1,15	100,0	0,316	245	86,6
-11	-1,27	79,4	0,282	218	77,2
-12	-1,38	63,1	0,251	195	68,8
-13	-1,50	50,1	0,224	173	61,3
-14	-1,61	39,8	0,199	155	54,6
-15	-1,73	31,6	0,178	138	48,7
-16	-1,84	25,1	0,158	123	43,4
-17	-1,96	20,0	0,141	110	38,7
-18	-2,07	15,9	0,126	97,7	34,5
-19	-2,19	12,6	0,112	86,9	30,7
-20	-2,30	10,0	0,100	77,5	27,4
-21	-2,42	7,94	0,0891	69,0	24,4
-22	-2,53	6,31	0,0794	61,5	21,8
-23	-2,65	5,01	0,0708	54,8	19,4
-24	-2,76	3,98	0,0631	48,9	17,3
-25	-2,88	3,16	0,0562	43,6	15,4
-26	-2,09	2,51	0,0501	38,8	13,7
-27	-3,11	2,00	0,0447	34,6	12,2
-28	-3,22	1,59	0,0399	30,9	10,9
-29	-3,34	1,26	0,0355	27,5	9,72

Литература

1. Скитальцев В.С. Сравнительные характеристики приемопередатчиков для ВЧ защит линий электропередачи. — Электрические станции, 1996 г, № 9, с. 39 - 42.
2. Микуцкий Г.В., Скитальцев В.С. Высокочастотная связь по линиям электропередачи. — 3-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1987г. — 448с.
3. “Руководящие указания по выбору частот высокочастотных каналов по линиям электропередач 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ”. Энергосетьпроект, 1990 г.
4. Микуцкий Г.В. Каналы высокочастотной связи для релейной защиты и автоматики. М.: Энергия, 1977 г. — 312с.
5. Пат.2007005 (РФ) Устройство для передачи и приема сигналов релейной защиты по линиям электропередачи / Ю.А.Долотов, Р.А.Израилев, В.С.Скитальцев, Г.С.Чирков. Зарегистр. 30.01.1994 г.
6. Малышев А.И., Шкарин Ю.П. Специальные измерения высокочастотных каналов по линиям электропередачи. — 2-е изд. — М.: Энергия. 1979г. — 304 с.
7. Рыжавский Г.Я., Штемпель Е.П. Наладка ВЧ каналов релейной защиты. — 2-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1988г. — 112с. — (Б-ка элетромонтера; вып.604).
8. Босый Н.Д. Электрические фильтры. — 3-е изд. — Киев.: Гостехиздат УССР, 1959г. — 616 с.

В.С. СКИТАЛЬЦЕВ

**ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ КАНАЛЫ
РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ.
ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК ПВЗ-90М**

Учебное пособие

Издание Центра подготовки кадров энергетики,
194223, Санкт-Петербург, а/я 44

Тираж 500 экз., 2005 г.

Типография «Светоч», 2005 г.