



МИНИСТЕРСТВО РАДИОПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ОРДЕНА ЛЕНИНА КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО N 1

СИСТЕМА ЗЕНИТНОГО УПРАВЛЯЕМОГО РАКЕТНОГО ОРУЖИЯ С-225

ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ

1965г.

ТОМ VI

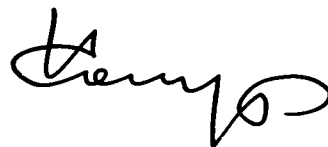
**СТАНЦИЯ
ПЕРЕДАЧИ КОМАНД**

КНИГА 3

АППАРАТУРА

ЧАСТЬ II

ЗАМ. ГЛАВНОГО КОНСТРУКТОРА



/КАПУСТЯН/

ЗАМ. ГЛАВНОГО КОНСТРУКТОРА



/АКСЕНОВ/

ЗАМ. ГЛАВНОГО КОНСТРУКТОРА



/СЕЛЕЗНЕВ/

ЗАМ. ГЛАВНОГО КОНСТРУКТОРА



/ЛИСОВЕЦ/

А Н Н О Т А Ц И Я

Рассматривается построение аппаратуры, особенности работы и характеристики устройства начального сопровождения (УНС) и силовых следящих систем, управляющих положением антенн в СПК. Даются результаты макетирования. Рассматриваются особенности электропитания аппаратуры и принципы управления и контроля. Приводятся результаты конструкторской проработки СПК. Показываются результаты стендовых испытаний основных элементов радиолинии управления.

Основные материалы этой книги подготовили:

Алпатов В.В.,
 Бараев А.А.,
 Беляев С.Н.,
 Борисов М.М.,
 Борисов Ю.К.,
 Васильев Н.А.,
 Вишневецкий А.А.,
 Киселев В.А.,
 Комаров В.А.,
 Кондратов В.Н.,
 Коняев Ю.А.,
 Корсаков В.Н.,
 Костричёко Б.Л.,
 Кузнецов А.Н.,
 Кузьмин Ю.И.,
 Осипов Л.В.,
 Преображенский Ю.В.,
 Соловьев А.Л.,
 Старостин И.Ф.,
 Филиппов В.С.

Редактор

Кузьмин Ю.И.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Лист

Глава 4. УСТРОЙСТВО НАЧАЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ
РАКЕТЫ

| | |
|---|----|
| 4.1. Назначение и состав аппаратуры УНС | 8 |
| 4.2. Высокочастотная часть приемного устройства | 9 |
| 4.3. Усилители промежуточной частоты и выходные устройства | 17 |
| 4.4. Устройство определения дальности ракеты | 23 |
| 4.5. Имитационная аппаратура | 33 |

Глава 5. СИЛОВЫЕ СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ, УПРАВЛЯЮЩИЕ
ПОЛОЖЕНИЕМ АНТЕНН

| | |
|---|----|
| 5.1. Назначение и основные требования | 38 |
| 5.2. Выбор структуры построения силовых следающих систем | 39 |
| 5.3. Выбор усилительных и исполнительных элементов силового следающего привода | 44 |
| 5.4. Расчет следающей системы | 55 |
| 5.5. Устройство определения угловых координат антенн и антенного поста | 68 |
| 5.6. Устройство преобразования цифр в напряжение | 78 |
| 5.7. Взаимодействие элементов силовых следающих систем | 85 |
| 5.8. Контроль аппаратуры | 87 |
| 5.9. Результаты макетирования | 90 |

Глава 6. СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СПК

| | |
|---|-----|
| 6.1. Первичные источники электроснабжения | 94 |
| 6.2. Назначение и особенности вторичных источников питания | 104 |
| 6.3. Схемы и элементы вторичных источников питания | 109 |
| 6.4. Управление, защита и контроль источников питания | 110 |

Глава 7. АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СПК

| | |
|--|-----|
| 7.1. Особенности управления СПК | 113 |
| 7.2. Контроль аппаратуры в режимах ПСК и БР | 115 |
| 7.3. Работа СПК в режимах ПРК и РК | 119 |

Глава 8. КОНСТРУКЦИЯ СПК

| | |
|--|-----|
| 8.1. Обоснование конструктивного выполнения СПК | 121 |
| 8.2. Антенный пост СПК | 122 |
| 8.3. Техническая характеристика антенного поста | 140 |
| 8.4. Аппаратная кабина А52 | 141 |
| 8.5. Система охлаждения и вентиляции кабины А52 | 144 |
| 8.6. Конструкция шкафов и блоков | 153 |
| 8.7. Время развертывания СПК. ПАЗ и ПХЗ | 158 |

Глава 9. СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАКЕТА РАДИОЛИНИИ УПРАВЛЕНИЯ

| | |
|---------------------------------|-----|
| 9.1. Назначение испытаний | 159 |
|---------------------------------|-----|

| | <u>Лист</u> |
|---|-------------|
| 9.2. Аппаратура стенда | 159 |
| 9.3. Методика и результаты испытаний | 165 |

Глава 4

УСТРОЙСТВО НАЧАЛЬНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ РАКЕТЫ

4.1. Назначение и состав аппаратуры УНС

Устройство начального сопровождения ракеты (УНС) предназначено для захвата и сопровождения ракеты на начальном участке траектории с целью обеспечения управления ее движением и последующей передачи на сопровождение РСН.

Аппаратура УНС содержит три идентичных одноканальных комплекта аппаратуры. В состав аппаратуры одного канала входят:

- антенно-фидерная система,
- суммарно-разностное устройство,
- приемное устройство,
- устройство определения дальности ракеты.

Общими для всех трех каналов являются:

- гетеродин приемника (основной и резервный),
- имитационная аппаратура.

Антенно-фидерная система и суммарно-разностное устройство конструктивно объединены с передающими антеннами и образуют общую антенную систему СМК. Высокочастотная часть приемного устройства размещается в герметизированном контейнере А51-А1 на антенной колонке. Остальная аппаратура размещается в кабинах А50 и А52 и содержит:

- шкаф А50-III - гетеродины и контрольную аппаратуру;
- шкаф А50-II2 - усилители промежуточной частоты и выходные устройства;
- шкаф А52-Д1 - устройства определения дальности и имитационную аппаратуру УНС.

4.2. Высокочастотная часть приемного устройства

Высокочастотная часть приемного устройства обеспечивает прием сигналов одного ответчика по трем идентичным трактам (суммарному и двум разностным). В.ч. части приемных устройств всех трех ракетных каналов работают на одной из 8 фиксированных частот в диапазоне РСН и выполняют следующие функции:

- прием сигналов ответчика,
- селекцию принимаемых сигналов по частоте,
- преобразование сигналов высокой частоты в сигналы промежуточной частоты и предварительное их усиление,
- защиту приемного устройства от воздействия мощных импульсов РСН.

Требования к допустимому уровню шум-фактора приемника $F_{\text{пр}}$ определяются, с одной стороны, общими невысокими требованиями к УНС и стремлением упростить приемники, а с другой стороны, значением флюктуационных ошибок сопровождения. Оценка этих факторов дала компромиссное значение $F_{\text{пр}} \leq 35$.

Полоса пропускания приемного канала определяется:

- нестабильностью частоты ответчика $\Delta f_o = \pm 3,5$ МГц,
- нестабильностью частоты гетеродина $\Delta f_r = \pm 0,4$ МГц,
- спектром сигнала ответчика

$$\Delta f_z = \frac{1}{\tau} = 0,8 \text{ МГц}$$

где: $\tau = 1,2$ мсек. - длительность импульса.

Тогда необходимая полоса пропускания приемного канала с учетом ухода полосы пропускания канала при климатических воздействиях ($\Delta f_{\text{кл}} = \pm 1,5$ МГц) равна:

$$\Delta f = \Delta f_z + 2 \sqrt{\Delta f_o^2 + \Delta f_r^2 + \Delta f_{\text{кл}}^2} \approx 8 \text{ МГц}$$

Для получения на выходе в.ч. части приемника необходимого уровня сигнала и создания развязки от вносимых главным УПЧ шумов коэффициент усиления ПУПЧ выбран $K_{пулч} \geq 20$ дб. Максимальный уровень входных сигналов ответчика на входе каждого приемного канала - не более 10^{-7} вт.

На вход приемника возможно попадание импульсов передающего устройства РСН, с мощностью равной 2,5вт и с частотой, равной рабочей частоте УНС. Для защиты приемника от этих импульсов применено защитное устройство. Его время переключения определяется графиком чередования работы РСН по цели и по ракетам и не должно быть более 5 мсек.

Ослабление сигналов на зеркальной частоте должно быть не менее 20дб. Максимальный разброс коэффициентов усиления двух приемных каналов (суммарного и любого разностного) в процессе эксплуатации не должен превышать 3дб при нестабильности частоты входного сигнала $\pm 3,5$ мГц. максимальное значение относительного ухода фаз сигналов между приемными каналами в процессе эксплуатации не должно превышать $\pm 30^\circ$.

Технические требования, конструктивные особенности и условия эксплуатации аппаратуры определили выбор схемы высокочастотной части приемного устройства. Она содержит следующие элементы:

- входной фильтр,
- защитное устройство,
- в.ч. смеситель,
- предварительный усилитель промежуточной частоты (ПУПЧ),
- гетеродин,
- устройство контроля,
- питание.

Часть элементов приемного устройства для повышения стабильности его работы и уменьшения потерь сигнала желательно разместить в контейнере у антенны. Однако для уменьшения объема и веса контейнера и упрощения конструкции антенной головки количество элементов в нем должно быть минимальным. Конструктивная проработка аппаратуры по-

казала целесообразность размещения в контейнере А5І-А/ только части аппаратурн, начиная с входных фильтров и кончая предварительными усилителями п.ч., остальная аппаратура, т.е. гетеродины и блоки питания, располагаются в кабине и связываются с контейнером кабелями.

Уменьшение веса и габаритов части приемного устройства, находящейся у антенны, достигается также применением новых элементов: генератора шумов на лавино-пролетном диоде и защитного устройства на диоде "Кедр".

Ниже рассматриваются основные характеристики отдельных элементов в.ч. части приемного устройства, блок-схема которого приведена на рис.4.2.

Входной фильтр представляет собой объемный резонатор с плавной перестройкой во всем рабочем диапазоне частот, что позволяет УНС работать на любой рабочей частоте РСН.

Полоса пропускания фильтра 17÷22мгц, потери в полосе пропускания не больше 1 дб. Ослабление фильтра на зеркальной частоте:

$$W = 10 \lg \left[1 + \left(\frac{\Delta f_{\text{зерк}}}{\Delta f_{\text{рез}}} \right)^{2n} \right]$$

где:

$\Delta f_{\text{зерк}}$ - разница частот зеркального и основного каналов;
 $\Delta f_{\text{рез}}$ - половина полосы резонатора;
 n - число звеньев резонатора.

Поскольку $\Delta f_{\text{зерк}} = 96$ мгц, $\Delta f_{\text{рез}} = 11$ мгц и $n = 2$ получим

$$W_{96} = 37,9 \text{ дб}$$

Ослабление фильтра на частоте соседней РСН, отстоящей по частоте на 55 мгц, аналогично равно:

$$W_{55} = 28,9 \text{ дб}$$

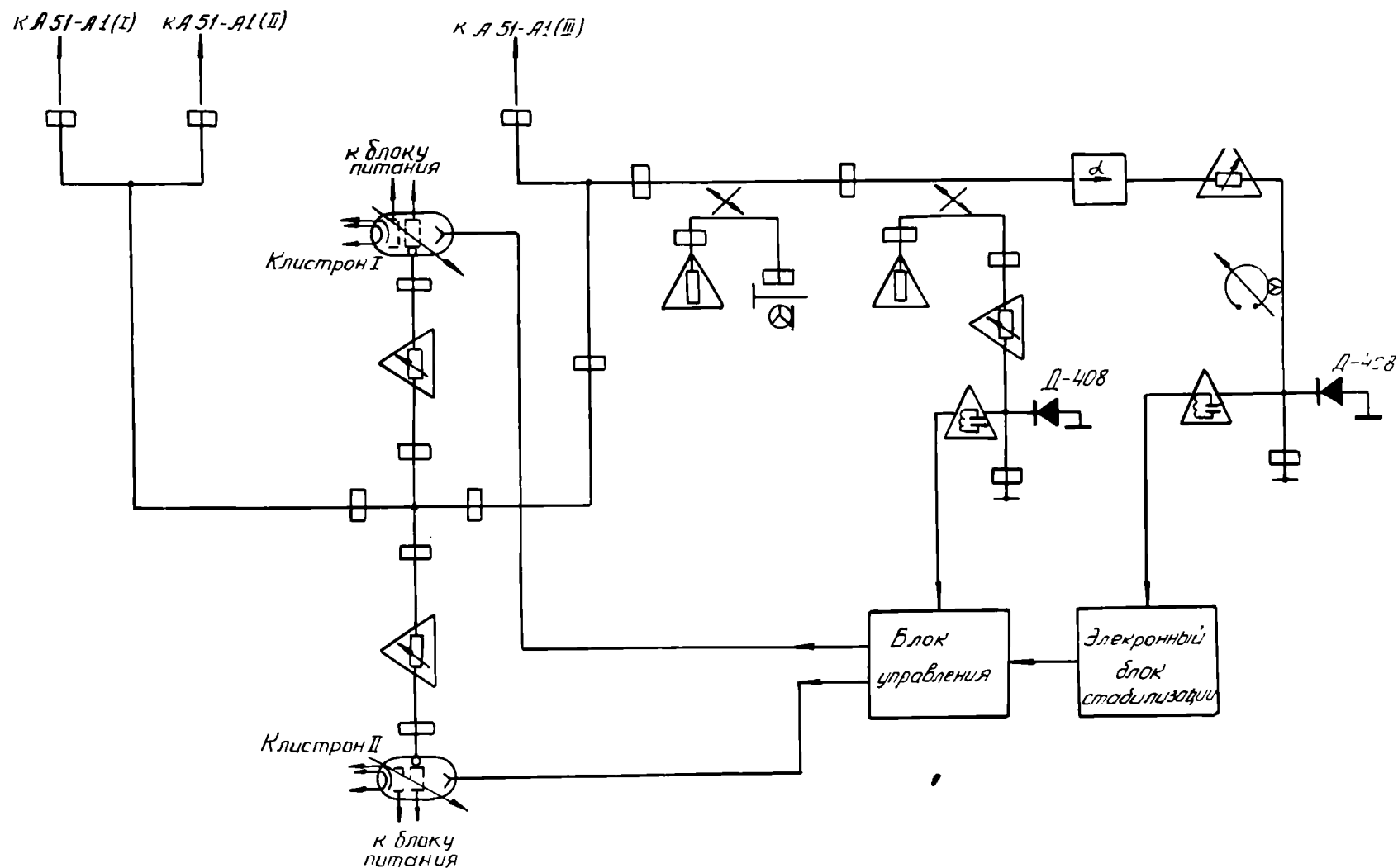


Рис. 4.1. Блок - схема гетеродина.

Защитное устройство выполнено на диоде Б2И-А (Б2И-Б), который способен выдерживать входную мощность до 2,5 Вт и имеет два режима работы в зависимости от поданного на него постоянного смещения. В режиме прямого прохождения сигнала на диод подается смещение +0,5В, в этом случае потери не превышают 1дБ. В режиме запирания на диод подается смещение порядка -40В, потери запирания не менее 25дБ.

Таким образом, защитное устройство обеспечивает прохождение полезного сигнала без существенных потерь и надежно защищает смесительные диоды в момент работы передающего устройства РСН, мощность, просачивающаяся на вход приемника, в этом случае не более 8 мВт.

Время переключения диода из одного режима в другой не превышает нескольких мсек., что отвечает предъявленным требованиям. Управление работой защитного устройства производится импульсами, подаваемыми из опорного синхронизатора СПК.

Высокочастотный смеситель выполнен по балансной схеме на разнополярных диодах Д-408А, Д408АИ. Балансная схема обеспечивает меньший уровень шумов гетеродина, повышает надежность работы смесителя и улучшает использование мощности гетеродина.

Основные параметры диода Д-408:

- шум-фактор 7,5дБ в нормальных условиях,
- шум-фактор 8,5дБ в предельных условиях,
- потери преобразования $L \leq 6$ дБ,
- внутреннее сопротивление $R_i = 290 \pm 390$ Ом,
- разброс параметров в паре

$$\Delta L \leq 0,5 \text{ дБ} \quad \text{и} \quad \Delta R_i = 25 \text{ Ом}$$

- оптимальная мощность гетеродина 0,5÷1,0 мВт.

При указанном разбросе параметров диодов в паре балансный смеситель обеспечит подавление шумов гетеродина не меньше 8дБ.

Для подачи на смеситель мощности гетеродина используется волноводный двойной тройник.

ПУПЧ — предварительный усилитель промежуточной частоты, выполнен на четырех лампах пальчиковой серии. Во входном каскаде, собранном по каскодной схеме, используются лампы 6СЗП и 6С4П, позволяющие получить коэффициент шума не более 2,5. Коэффициент усиления ПУПЧ не менее 20дБ достигается применением еще двух каскадов усиления на лампах 6ЖП. Полоса пропускания ПУПЧ — около 10 мГц при неравномерности 12%.

Шум-фактор в.ч. части приемного устройства определяется по формуле:

$$F_{np} = W_{\varphi} \cdot W_{з.ч.} \left(F_{см} + \frac{F_{пупч} - 1}{K_{см}} + \frac{F_{упч} - 1}{K_{см} \cdot K_{пупч}} \right)$$

где:

- F_{np} — шум-фактор приемного устройства,
- W_{φ} — потери входного фильтра (≤ 1 дБ),
- $W_{з.ч.}$ — потери защитного устройства ($= 1$ дБ),
- $F_{см}$ — шум-фактор смесителя ($\leq 8,5$ дБ),
- $K_{см}$ — коэффициент преобразования смесителя (≈ 6 дБ),
- $F_{пупч}$ — шум-фактор ПУПЧ (≤ 4 дБ),
- $F_{упч}$ — шум-фактор главного УПЧ (≈ 200)

следовательно:

$$F_{np} = 30_{ег}$$

Полученное значение шум-фактора удовлетворяет заданному требованию на приемное устройство.

Относительный уход коэффициентов усиления двух приемных трактов, например суммарного и разностного каналов при изменении частоты сигнала и климатических условий будет обуславливаться неравномерностями полос пропускания в.ч. фильтров и ПУПЧ, а также уходом коэффициентов усиления ПУПЧ. Уходом коэффициентов передачи смесителей при изменении частоты принимаемого сигнала на $\pm 3,5$ мГц можно пренебречь. Неравномерность полосы пропускания входного фильтра составляет

1дб (12,5% по напряжению). Неравномерности полосы пропускания ПУПЧ также может достигать 12,5%. Относительный уход коэффициентов усиления ПУПЧ за счет изменения параметров усилительных ламп при наличии трех каскадов может быть до 2дб. Следовательно, относительный уход усиления в суммарном и разностном канале может достигать $\Delta K = 2,5\text{дб}$, что не превышает допустимого уровня.

Уход разности фаз возникает из-за неидентичности фазовых характеристик полосовых элементов приемных трактов, т.е. входных фильтров и ПУПЧ. Поскольку уходы частоты сигнала составляют заметную часть полосы пропускания указанных элементов и учитывая возможность управления фазовыми характеристиками связанных резонансных систем при настройке, можно считать, что необходимый относительный уход разности фаз двух каналов ($\pm 30^\circ$) осуществим.

Гетеродин представляет собой клистронный генератор со стабилизацией частоты. Для повышения надежности работы гетеродина применяется резервирование клистрона с автоматической коммутацией. Блок-схема гетеродина приведена на рис.4.1.

Схема стабилизации состоит из двух блоков: волноводного и электронного, которые при совместной работе образуют замкнутую петлю автоматического регулирования.

Выходной сигнал клистронного генератора поступает на высокочастотный дискриминатор, на выходе которого уровень мощности зависит от взаимной расстройки резонатора и клистрона. Затем высокочастотный сигнал детектируется и полученное напряжение поступает на вход усилителя постоянного тока. После усиления напряжение сигнала ошибки через согласующий выпрямитель подается на отражатель клистрона и управляет его частотой.

Точность подстройки частоты клистрона, а также характеристики петли стабилизации зависят от типа выбранного генератора. Предполагается использовать разрабатываемый в настоящее время клистрон "ЗИЛУН" с доработкой по диапазону частот.

Сигнал гетеродина через волноводный разветвитель, построенный

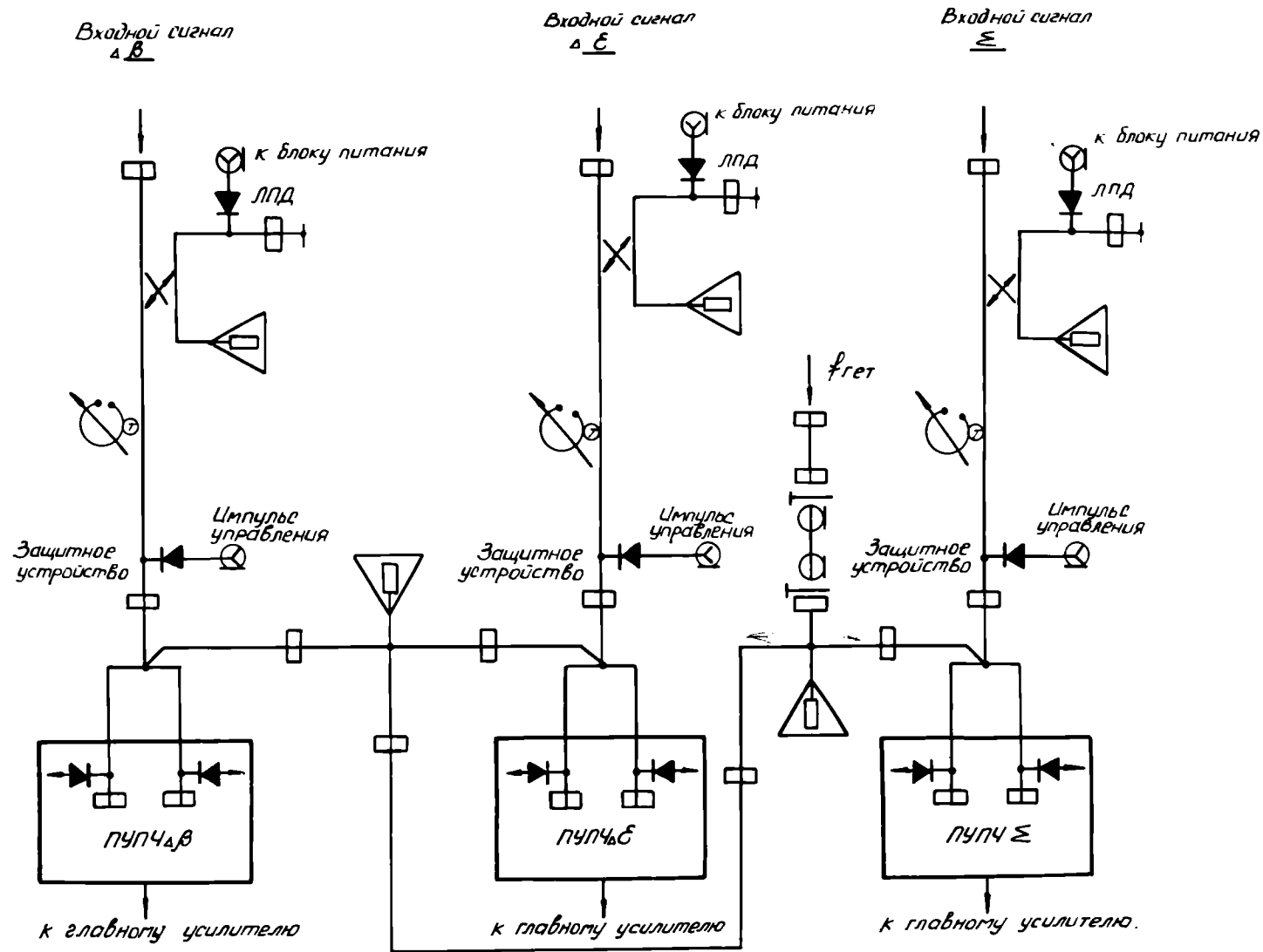


Рис. 4.2. Блок-схема высокочастотной части приемного устройства.

на двойных тройниках, и высокочастотный коаксиальный кабель поступает на в.ч. часть приемника. Для обеспечения номинального режима работы смесителя, выполненного на диоде Д-408 необходим уровень мощности гетеродина 0,5–1,0 мвт. При питании трех устройств А-5I–AI одним генератором, мощность клистрона должна быть не менее 135 мвт.

Устройство контроля должно обеспечивать предстартовую проверку аппаратуры приемника. Для этой цели на вход каждого приемника (рис.4.2) через направленный ответвитель заводится высокочастотный шумовой сигнал, который вырабатывается лавино-пролетным диодом (ЛПД). Контрольный сигнал ЛПД проходит через приемный тракт и в случае его исправности со схемы контроля в цепь готовности канала УНС выдается сигнал исправности. Соответствующая выставка мощности шумов ЛПД и калибровка направленного ответвителя позволяет измерять шум-фактор приемного устройства при проведении регламентных работ.

В устройстве контроля в.ч. части приемника имеются контрольные стрелочные приборы для определения токов смесителей и режимов работы защитных и шумовых диодов.

Блок контроля шкафа А5I–III (гетеродина) обеспечивает быстрое проведение настройки и проверки системы стабилизации клистронного генератора, проверки работы системы резервирования при регламентных и ремонтных работах. В аппаратуре предусмотрена возможность работы клистронного генератора в режиме ручного управления частотой с ее контролем по волномеру.

4.3. Усилители промежуточной частоты и выходные устройства

В приемных устройствах УНС усилители промежуточной частоты с выходными устройствами служат для:

- основного усиления и нормирования с помощью схем АРУ сигналов ответчиков;
- образования и усиления сигналов ошибки в угломестной и азимутальной плоскостях;

- образования и усиления видеосигналов для следящих систем дальности.

Значение промежуточной частоты выбрано равным $40f_o \approx 48$ мГц (т.к. $f_o = 1,2012$ мГц) по соображениям идентичности со значением первой промежуточной частоты в приемниках РСН и для получения достаточно хорошей развязки с передатчиками СПК, в которых разность между частотой возбуждителя и несущей частотой сигнала равна 28 мГц.

Полоса пропускания УПЧ принимается равной 8 мГц, поскольку необходима полоса всего приемника, равная 8 мГц, а полоса ПУПЧ принята равной 10 мГц.

Динамический диапазон изменения сигнала на входе приемника составляет около 40дБ. Он определяется изменением расстояния до ракеты, флюктуациями факела двигателя, изменением пространственного положения оси ракеты относительно ее линии визирования, что в сумме составляет 30-34 дБ, а также изрезанностью диаграмм направленности передающей бортовой и приемной наземной антенны, что составляет еще около 6дБ.

Точность поддержания усиления в разностных каналах приемника относительно суммарного должна быть не хуже 1дБ во всем динамическом диапазоне изменения сигнала. Это требование достаточно легко выполняется, т.к. системы АРУ обычно позволяют поддерживать постоянство уровня сигнала с точностью 10-15%.

Чтобы передающие устройства СПК не оказывали влияния на работу УНС, их сигналы на выходе приемников должны доводиться до уровня шумов. Поскольку ослабление около 80дБ обеспечивается антенно-фидерной системой, от приемника требуется также ослабление около 80дБ. При соответствующем согласовании частот РСН и передатчиков СПК такое ослабление вполне достижимо для многокаскадного УПЧ.

При выборе построения УПЧ и выходных устройств были рассмотрены два варианта.

В первом варианте одна и та же аппаратура обслуживает все три ракетных канала, а для обеспечения требуемой надежности резервиру-

ется. Во втором варианте для каждого ракетного канала - свой комплект аппаратуры. Сравнение ^{варианте} вариантов, проведенное в разделе 4 книги I, показало, что во втором ^{варианте} построение аппаратуры и ее связи с другими устройствами УНС - проще. В пользу второго варианта говорит также сравнение количества полупроводниковых приборов, необходимых для построения аппаратуры в том и другом варианте. Результаты оценки их количества, а также соответствующего количества блоков аппаратуры даны в таблице 4.1.

Таблица 4.1.

| Варианты | Количество полупроводниковых приборов | Количество блоков |
|----------|---------------------------------------|-------------------|
| 1 | $218 \times 2 = 436$ | $5 \times 2 = 10$ |
| 2 | 339 | 9 |

На основании рассмотренных факторов выбран второй вариант, т.е. вариант в котором каждый ракетный канал обслуживается своим комплектом аппаратуры. Функциональная схема аппаратуры УПЧ и выходных устройств одного ракетного канала приведена на рис.4.3. Аппаратура содержит:

- главные усилители промежуточной частоты (ГУПЧ) суммарного и двух разностных трактов (каналов) с системами АРУ;
- фазовые детекторы по азимуту (β'') и углу места (ε'') с устройствами усиления и преобразования сигналов;
- амплитудный детектор и усилитель выходных импульсов суммарного канала;
- главный усилитель пилот-сигнала с системой АРУ.

Входная часть каждого ГУПЧ выполняет роль временного селектора и коммутатора сигналов (ВСКС). Выделение сигналов ответчика соответствующего ракетного канала производится селектирующими stroбами (ССО), формируемыми в опорном синхронизаторе СПК. Для получения достаточного ослабления посторонних сигналов селектор выполняется

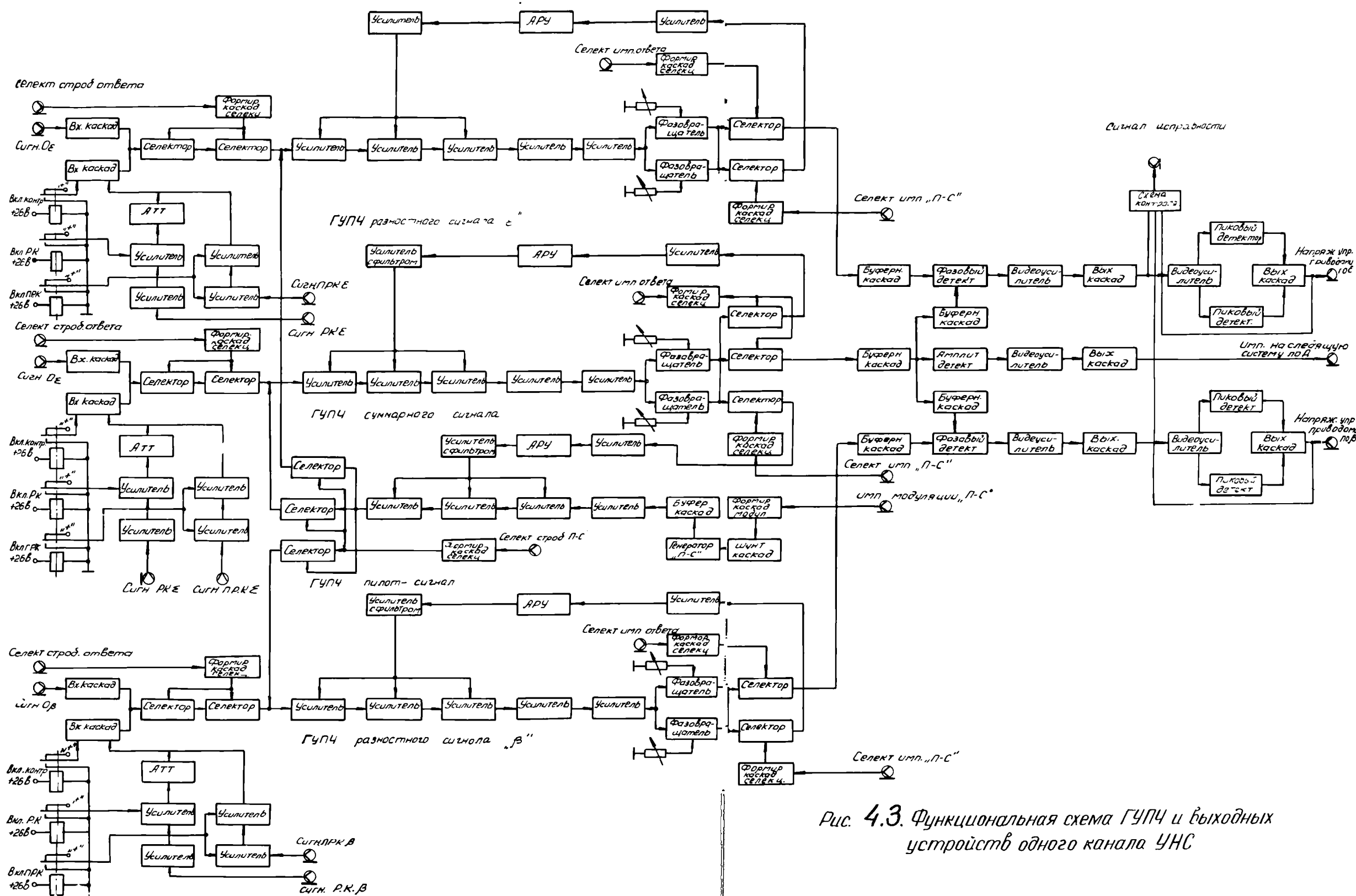


Рис. 4.3. Функциональная схема ГРУП и выходных устройств одного канала УНС

двухкаскадным, т.к. один каскад ослабляет только на 30-40дб..

Для проверки аппаратуры приемников предусмотрена возможность подачи на его вход импульсов, формируемых имитационной аппаратурой УНС. Коммутатор служит для переключения приемника на работу с реального сигнала на контрольный.

С выходов ВСКС суммарный и разностные сигналы поступают в главные усилители. На первые три каскада каждого ГУПЧ подаются управляющие напряжения АРУ.

Схема АРУ суммарного канала работает по сигналу. Для автоматической регулировки усиления в разностных каналах используется пилот-сигнал, благодаря чему усиление в разностных каналах поддерживается равным усилению в суммарном канале и в том случае, когда уровень сигнала в разностном канале равен нулю. Структура пилот-сигнала аналогична структуре сигнала, но они разнесены по времени.

Главный усилитель пилот-сигнала состоит из LC-генератора, работающего на частоте 40,048 мГц, модулятора и регулируемого усилителя. В качестве модулятора используется шунтирующий каскад, срывающий колебания генератора при отсутствии управляющих импульсов. Пилот-сигнал проходит регулируемый усилитель и главный усилитель суммарного канала и схемой АРУ пилот-сигнала уравнивается с сигналом ответчика в суммарном канале. Параллельно пилот-сигнал проходит разностные каналы и управляет работой их схем АРУ.

Сигналы ошибки для угловых следящих систем вырабатываются фазовыми детекторами. В качестве опорного напряжения в них используется выходной сигнал ГУ суммарного канала. На вход каждого фазового детектора подается выходной сигнал ГУ своего разностного канала. С нагрузки фазового детектора снимается пачка импульсов, амплитуда и полярность которых соответствует величине и знаку сигнала ошибки. Импульсы усиливаются и затем пиковыми детекторами преобразуются в постоянные напряжения, используемые для управления силовыми следящими системами, изменяющими положение антенн.

Выходные сигналы суммарного канала детектируются амплитудным детектором, усиливаются и используются для работы устройства опреде-

ления дальности ракеты.

Относительное фазирование сигналов в суммарном и разностном каналах производится фазовращателями вручную при проведении регламентных работ. Фазовращатели обеспечивают изменение фазы на $\pm 40^\circ$.

Контроль аппаратуры УПЧ и выходных устройств в режимах предстартового (ПСК) и периодического (ПРК) контроля производится совместно с в.ч. частью приемного устройства УНС. Для этого используются шумовые диодные генераторы (рис.4.1). Шумовой сигнал калиброванного уровня проходит суммарный и разностные каналы приемника и его уровень на их выходах автоматически регистрируется контрольными схемами. Схемы выдают сигнал исправности, который через синхронизатор обмена СПК подается в ЦВК. В каждом ракетном канале вырабатывается один объединенный сигнал исправности приемника.

Для проведения регламентных проверок и подстроек аппаратуры используется имитированный блоком А52-ДИ сигнал ответчика. Через входное коммутационное устройство он подается на входы ГУПЧ (рис.4.3). С его помощью проверяется работа АРУ в динамическом диапазоне изменения сигнала. Проверяется работа фазовых детекторов и выходных устройств

Кроме регламентных проверок имитированный сигнал может использоваться в ПРК для контроля координатной системы дальности. Такой режим необходим, когда в периодическом контроле не участвует бортовая аппаратура, т.е. не работает ответчик и нельзя проверить координатную систему через цепь обнуления. В этом случае имитированный сигнал поступает с дополнительных выходов блока А52-ДИ-1 на контрольные входы ГУПЧ и далее на координатную систему.

Сигнал, создаваемый имитационной аппаратурой, используется также для поиска неисправностей в аппаратуре приемников. С помощью имеющихся в аппаратуре контрольных гнезд проверяются уровни сигнала в определенных участках схемы и по отклонению сигналов от номинала обнаруживается неисправный участок.

Для ускорения процесса поиска и устранения неисправностей аппаратура размещается поканально. Блоки состоят из легко заменяемых субпанелей.

Конструктивно аппаратура УПЧ и выходных устройств приемников представляет собой типовой десятиблочный шкаф. В верхних трех отсеках располагаются блоки А50-П2-1, А50-П2-2 и А50-П2-3 первого ракетного канала, затем еще 3 блока для второго и третьего каналов и блок питания. В блоке А50-П2-1 находится устройство ВКС и ГУПЧ со схемой АРУ, в блоке А50-П2-2: амплитудный и фазовый детекторы и схема пилот-сигнала, в блоке А50-П2-3 - преобразователи импульсного сигнала угловых ошибок в постоянное напряжение.

Аппаратура выполняется на транзисторах типа А425, 2Т308 и 1Т308.

4.4. Устройство определения дальности ракеты

Устройство определения дальности ракеты является частью УНС и предназначено для определения координаты дальности трех ракет при их автоматическом сопровождении.

На вход устройства подаются опорные (синхронизирующие) напряжения и видеосигналы ответчиков трех ракет с выходов суммарных каналов приемников. Аппаратура устройства делится на три автономных канала, в каждом из которых осуществляется слежение за сигналами ответчика соответствующей ракеты по дальности и в результате выдаются на вход координатного устройства РСН данные о наклонной дальности сопровождаемой ракеты в виде импульсов с соответствующей временной задержкой.

В состав аппаратуры определения координаты дальности входят также элементы контроля, с помощью которых осуществляется контроль всех основных параметров устройства.

Аппаратура устройства размещена в шкафу А52-Д1 и состоит из трех идентичных блоков А52-Д1-2 в каждом из которых размещены элементы одного канала устройства. В дальнейшем рассматривается работа одного из каналов.

Источником данных о положении в пространстве ракеты являются сигналы бортового ответчика ракеты, имеющие вид пачек импульсов длительностью 3,2 мсек., следующих с частотой 17гц. Частота повторе-

ния импульсов в пачке равна 4,77 кГц. Задержка импульсов пачки, относительно импульсов нулевой дальности синхронизатора РСН характеризует дальность до ракеты.

Задача автоматического сопровождения сигналов ракеты достаточно хорошо решается при использовании астатической следящей системы первого порядка. В качестве исполнительного элемента целесообразно выбрать схему переменной задержки, так как с ее помощью проще всего обеспечивается выдача данных о дальности в виде импульсов с соответствующей временной задержкой. Для обеспечения однозначного определения дальности в диапазоне 0÷50 км при частоте повторения сигналов 4,77 кГц необходимо запуск схемы переменной задержки производить импульсами более низкой частоты. При этом для полного использования сигналов ответчика стробы сопровождения в следящей системе и селектирующий импульс в приемном устройстве должны формироваться путем умножения частоты выходных импульсов схемы переменной задержки.

Работа координатного устройства дальности ракеты поясняется функциональной схемой, изображенной на рис.4.4.

Основными элементами следящей системы дальности являются:

- дискриминатор,
- интегро-дифференцирующий фильтр,
- интегратор,
- схема переменной задержки,
- схема формирования импульсов дальности,
- элементы, обеспечивающие начальную установку импульсов дальности.

Дискриминатор является измерительным элементом следящей системы. На его вход подаются видеосигналы ответчика ракеты (рис.4.5а) и стробы сопровождения по дальности (рис.4.5 б и в). Стробы сопровождения представляют собой пару импульсов, сдвинутых относительно друг друга на постоянную величину и имеющих переменную задержку относительно импульсов нулевой дальности (R_0) синхронизатора СПК.

При совмещении видеосигнала ответчика ракеты со стробами сопровождения дискриминатор вырабатывает напряжение сигнала ошибки, знак

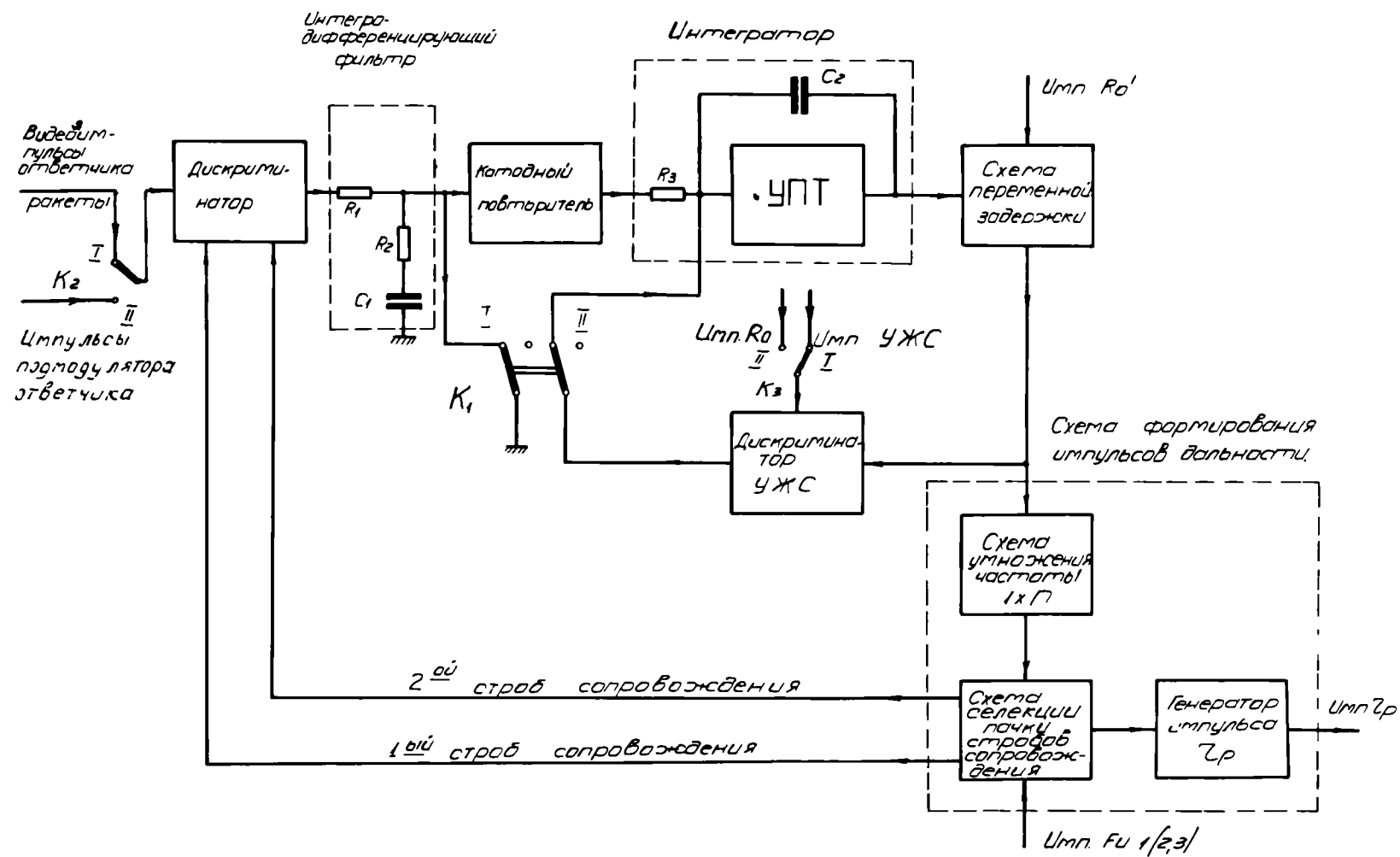


Рис. 4.4. Упрощенная функциональная схема блока дальности ракеты СПК.

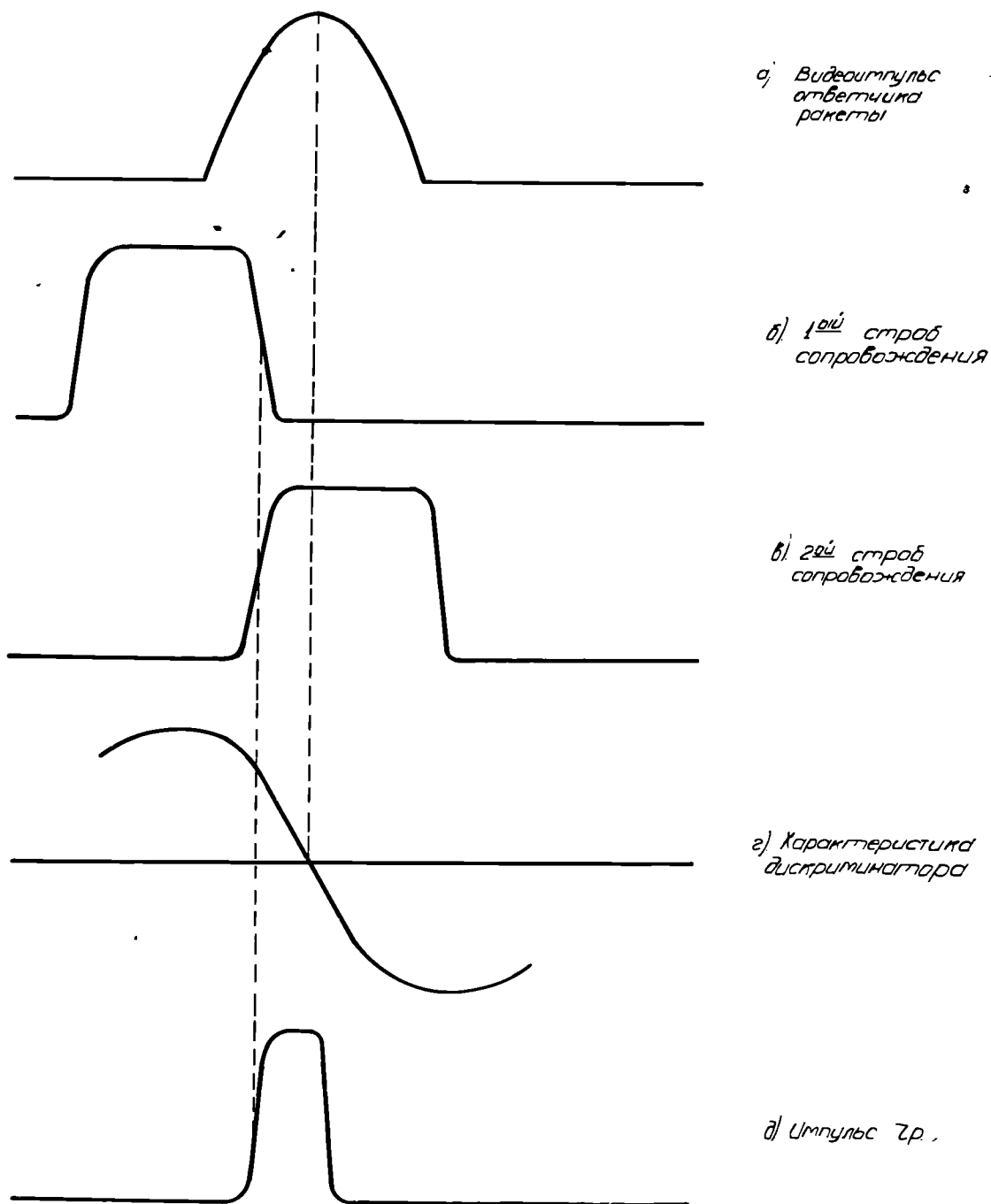


Рис. 4.5. Временное расположение импульсов дальности и характеристика дискриминатора.

и величина которого определяются, соответственно, направлением и величиной рассогласования видеосигнала относительно стыка стробов сопровождения. Крутизна характеристики (S_1) дискриминатора (рис.4.5г) составляет 400в/мксек.

Далее напряжение сигнала ошибки через интегро-дифференцирующий фильтр подается на вход интегратора, представляющего собой усилитель постоянного тока (УПТ), охваченный емкостной обратной связью. Выходное напряжение интегратора управляет работой исполнительной части следящей системы, состоящей из схемы переменной задержки и схемы формирования импульсов дальности..

Видеосигналы ответчика имеют вид пачек импульсов (рис.4.6г), а дальность ракеты определяется временной задержкой импульсов в пачке, относительно опорных импульсов нулевой дальности синхронизатора (рис.4.6в). Так как частота повторения импульсов в пачке равна 4,77 кГц, то однозначное измерение дальности при синхронизации схемы переменной задержки опорной частотой, также равной 4,77 кГц, возможно лишь в пределах 25÷28км. По техническим требованиям на устройство дальности необходимо однозначное измерение координаты дальности в пределах от 0 до 50км. Поэтому, для однозначного измерения дальности, схема переменной задержки синхронизируется более низкой частотой (R_0' - рис.4.6а), чем частота повторения импульсов в пачке (τ_0).

При выбранной частоте синхронизации, равной 4,77гц возможно однозначное измерение дальности в пределах от 0 до 200км. В качестве схемы переменной задержки используется схема фантастронного типа, обеспечивающая высокую линейность зависимости временной задержки от управляющего напряжения, а также малую временную нестабильность ("дрожь") выходного импульса в требуемом диапазоне задержек. Крутизна управления (S_2) схемы переменной задержки равна 3 мксек./в.

Задержанные импульсы с выхода схемы переменной задержки подаются в схему формирования импульсов дальности, которая производит умножение частоты входного напряжения ($f = 477$ гц) до частоты повторения импульсов в пачке ($n f = 4,77$ кГц) (рис.4.6.ж). Умножение частоты осуществляется с помощью широкополосной электронной следящей системы,



Рис. 4.6. Временное расположение импульсов дальности канала ракеты СПК

обеспечивающей точную привязку фаз входного и выходного напряжений.

Из напряжения умноженной частоты (nf) с помощью схемы селекции, запускаемой импульсом $F_{и1}$ (2,3), следующим с частотой повторения 17гц (рис.4.6 з), производится формирование пачки стробов сопровождения (рис.4.6 к,л), которые подаются затем в схему дискриминатора.

В результате работы схемы переменной задержки стробы сопровождения перемещаются по дальности, причем величина задержки зависит от уровня управляющего напряжения, поступающего с выхода интегратора.

В схеме формирования импульсов дальности вырабатывается также импульс дальности Z_p (рис.4.5.д), жестко связанный со стробами сопровождения, задержка которого относительно импульсов нулевой дальности синхронизатора и определяет координату дальности.

Начальная установка по дальности стробов сопровождения осуществляется дополнительной следящей системой. В нее входят интегратор, схема переменной задержки основной следящей системы и дискриминатор установки ждущих стробов (УЖС). На вход дискриминатора УЖС поступает импульс УЖС (рис.4.6д), временная задержка которого относительно импульсов нулевой дальности синхронизатора R_0 (рис.4.6б) равна начальной задержке стробов сопровождения. В процессе работы системы установки дискриминатор УЖС сравнивает временное положение импульса УЖС и стробов сопровождения и вырабатывает напряжение сигнала ошибки, за счет подачи которого на вход интегратора и замыкается система установки.

Устройство определения дальности ракеты работает в двух режимах:

- режим начальной установки ждущих стробов по дальности (режим УЖС);
- режим автосопровождения.

В режиме УЖС ключ "К", (рис.4.4) находится в положении "I". При этом на вход интегратора подается напряжение с выхода дискриминатора УЖС. Таким образом в следящей системе дальности основной дискриминатор подменяется дискриминатором УЖС. Дискриминатор УЖС вырабатывает напряжение сигнала ошибки, значение которого определяется взаимным

положением стробов сопровождения и импульса УЛС. Импульсы УЛС имеют калиброванную задержку относительно импульсов нулевой дальности (R_0) синхронизатора (около 7 мксек.) Таким образом в исходном режиме стробы сопровождения устанавливаются в положении, соответствующем дальности около I км, на которой производится захват ракеты (см. раздел 4 книги I).

В режиме автоматического сопровождения ключ "К", находится в положении П, в результате чего интегратор работает с постоянной времени интегрирования, равной $\tau = R_3 C_2$. Напряжение на выходе интегратора ($U_{вых.}$) связано с напряжением на его входе ($U_{вх.}$) зависимостью:

$$U_{вых} = \frac{1}{R_3 C_2} \int_0^t U_{вх} dt + U_{вх} t = 0$$

Коэффициент передачи интегратора (S_2) равен

$$S_2 = \frac{1}{R_3 C_2} \left[\frac{1}{сек} \right].$$

Передаточная функция системы дальности в разомкнутом состоянии определяется выражением:

$$Y_{раз.}(p) = \frac{K}{p} \frac{1+p\tau_1}{1+p\tau_2} \cdot e^{-p \frac{T_n}{2}},$$

где:

- $K = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$ - коэффициент усиления системы в разомкнутом состоянии;
 T_n - частота повторения пачек видеосигналов ответчика ракеты;
 τ_1, τ_2 - параметры интегро-дифференцирующего фильтра;
 $e^{-p \frac{T_n}{2}}$ - коэффициент, учитывающий запаздывание в системе при дискретной входной информации.

На рис.4.7 построены амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики системы дальности в разомкнутом состоянии для $K = 800 \frac{1}{\text{сек}}$; $\tau_1 = 0,31 \text{ сек.}$ и $\tau_2 = 50 \text{ сек.}$

Как видно из характеристик, запас по амплитуде равен 20 дб, а по фазе 53° .

Динамическая ошибка сопровождения ($\Delta_{\text{дин}}$) при принятых параметрах системы определится как:

$$\Delta_{\text{дин}} = \Delta_{\text{ск.}} + \Delta_{\text{уск.}},$$

где: $\Delta_{\text{ск.}}$ - скоростная ошибка, равная

$$\Delta_{\text{ск.}} = \frac{V}{K},$$

$\Delta_{\text{уск.}}$ - ошибка ускорения, равная

$$\Delta_{\text{уск.}} \approx \frac{a \tau_2}{K}$$

Для $V = 3000 \text{ м/сек.}$, $a = 300 \text{ м/сек}^2$

Имеем $\Delta_{\text{дин}} \approx 25 \text{ м.}$

Это соответствует требованиям, предъявленным к устройству, согласно которым максимальная динамическая ошибка системы дальности СПК

$\Delta_{\text{дин. макс}}$ не должна превышать 30м.

Перед началом боевой работы, т.е. в режиме ПСК производится обнуление системы определения дальности (см.раздел 5 книги I). В этом режиме в устройстве определения дальности УНС выходные импульсы суммарного канала приемного устройства подменяются импульсами подмодулятора бортового ответчика (ключ K_2 на рис.4.4 ставится в положение II), а установка следящей системы в исходном режиме производится на дальность близкую к нулевой (ключ КЗ в положении II). Производится захват импульсов аналогично боевой работе. При выполнении обнуления одновременно проверяется боеготовность устройства дальности. Заключение о готовности дает ЦВК.

В режиме ПРК, проводимом без включения бортовой аппаратуры,

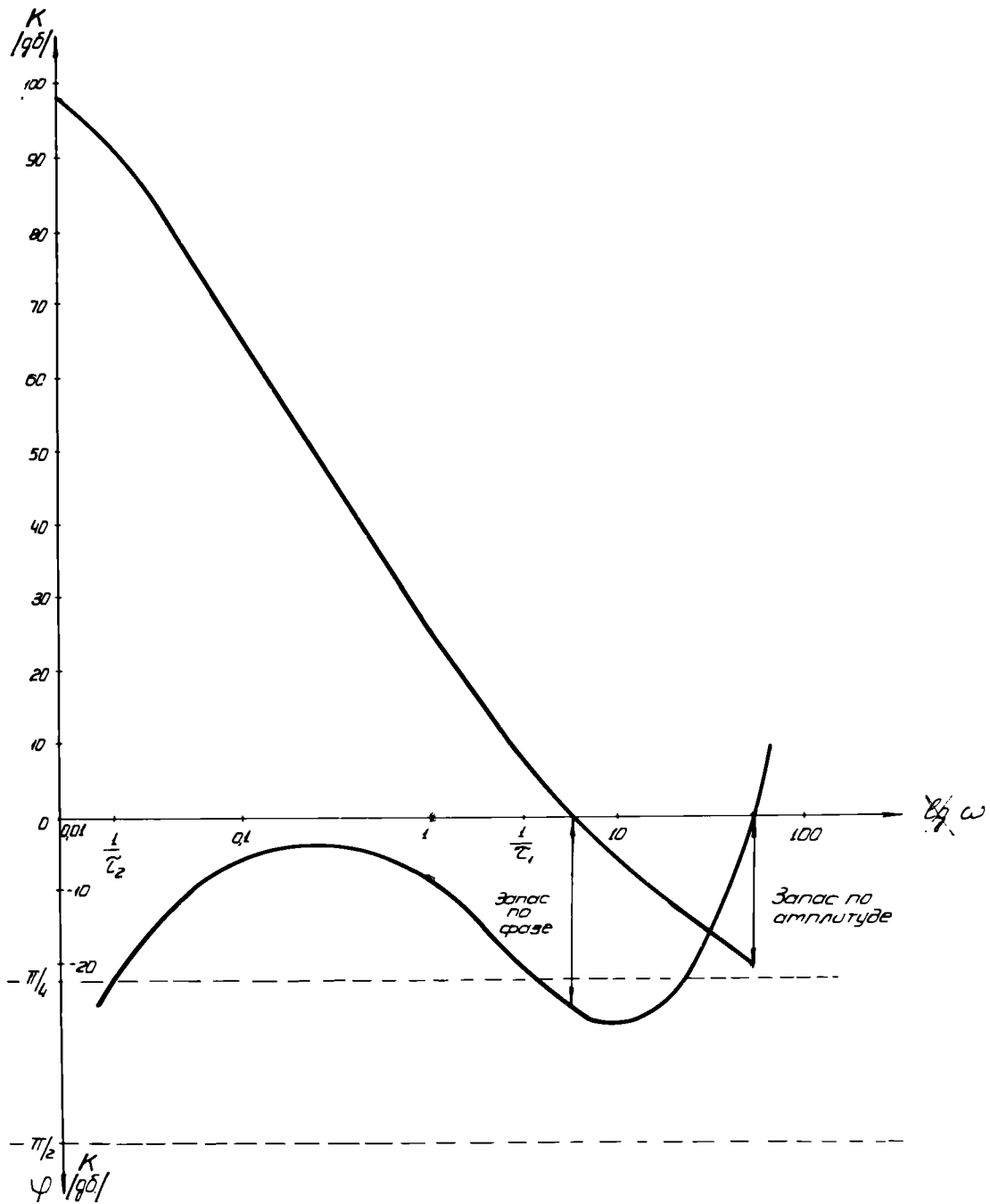


Рис. 4.7. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики системы дальности ракеты СПК.

сигналы ответчика подменяются сигналами от имитационной аппаратуры УНС, воспроизводящей один цикл боевой работы по дальности. Оценка боеготовности также как и в режиме ПСК производится ЦВК.

При регламентных работах и поиске неисправностей используется имитационная аппаратура УНС, причем имеется возможность непосредственной подачи видеосигнала имитатора на вход следящей системы дальности.

Работа устройства была проверена на макете, выполненном в соответствии с рассмотренной функциональной схемой. На его вход подавались от специального имитатора видеосигналы, имеющие параметры выходных сигналов суммарного канала приемного устройства.

Были проверены:

- нестабильность работы схемы переменной задержки;
- функционирование и время синхронизации следящей системы умножения частоты;
- функционирование основной следящей системы.

Последняя при длительности стробов сопровождения по 2 мксек. обеспечивала захват сигналов ответчика, движущихся со скоростями порядка 700 м/сек, что примерно соответствует скоростям реальных ракет на дальностях I км.

Проведенные проверки показали, что макет устройства соответствует предъявленным к нему требованиям.

4.5. Имитационная аппаратура

Имитационная аппаратура УНС предназначена для проведения автономного контроля любого ракетного канала УНС и выполнения регламентных работ.

Имитационная аппаратура обеспечивает для одного ракетного канала проверку:

- работы суммарного и разностного каналов приемного устройства УНС;

- захвата и сопровождения сигнала "ракеты" по дальности;
- функционирования схемы формирования сигнала ошибки $\Delta \xi$ и $\Delta \beta$ в разностных каналах приемного устройства УНС.

Имитационная аппаратура вырабатывает сигнал имитируемого ответчика на промежуточной частоте $40 f_0$ с уровнем около 0,3 в.э.ф.ф., который поступает на суммарный и разностные каналы приемного устройства УНС. Величина сигнала может меняться в пределах 60 дБ с помощью переменного аттенюатора, что позволяет проверить динамический диапазон АРУ ГУПЧ.

Кроме этого в сигнале, который поступает в разностные каналы приемного устройства, предусматривается ручное скачкообразное изменение фазы на 180° , дающее возможность проверить правильность выработки фазовым дискриминатором сигнала угловой ошибки обоих знаков.

Имитационная аппаратура позволяет проверить динамические свойства следящей системы дальности. Для этого сигнал автоматически перемещается по дальности с заданными скоростью и ускорением. Координатная система дальности может контролироваться по имитируемому сигналу как с выхода приемника, так и по видеосигналу, который можно непосредственно подавать с имитационной аппаратуры на контрольный вход блока дальности.

При проведении ИРК только наземной аппаратуры бортовая аппаратура, а в том числе и ответчик, не будет включаться для контроля. Поэтому координатная система дальности не может быть проверена обычным способом - в процессе начального обнуления по сигналу реального ответчика. Система дальности тогда контролируется по имитированному сигналу, поступающему не нее через приемник. В этом режиме на входы УПЧ сигнал подается со специальных выходов (Σ, β, ξ - ПК) имитационной аппаратуры.

Функциональная схема имитационной аппаратуры УНС приведена на рис. 4.8. Конструктивно аппаратура выполнена в виде одного лампового блока (А52-Д1-1), находящегося в шкафу А52-Д1.

На вход блока с опорного синхронизатора СПК поступают импульсы $F_{и1}, F_{и2}, F_{и3}$, следующие с частотой 17 Гц. Эти импульсы подаются

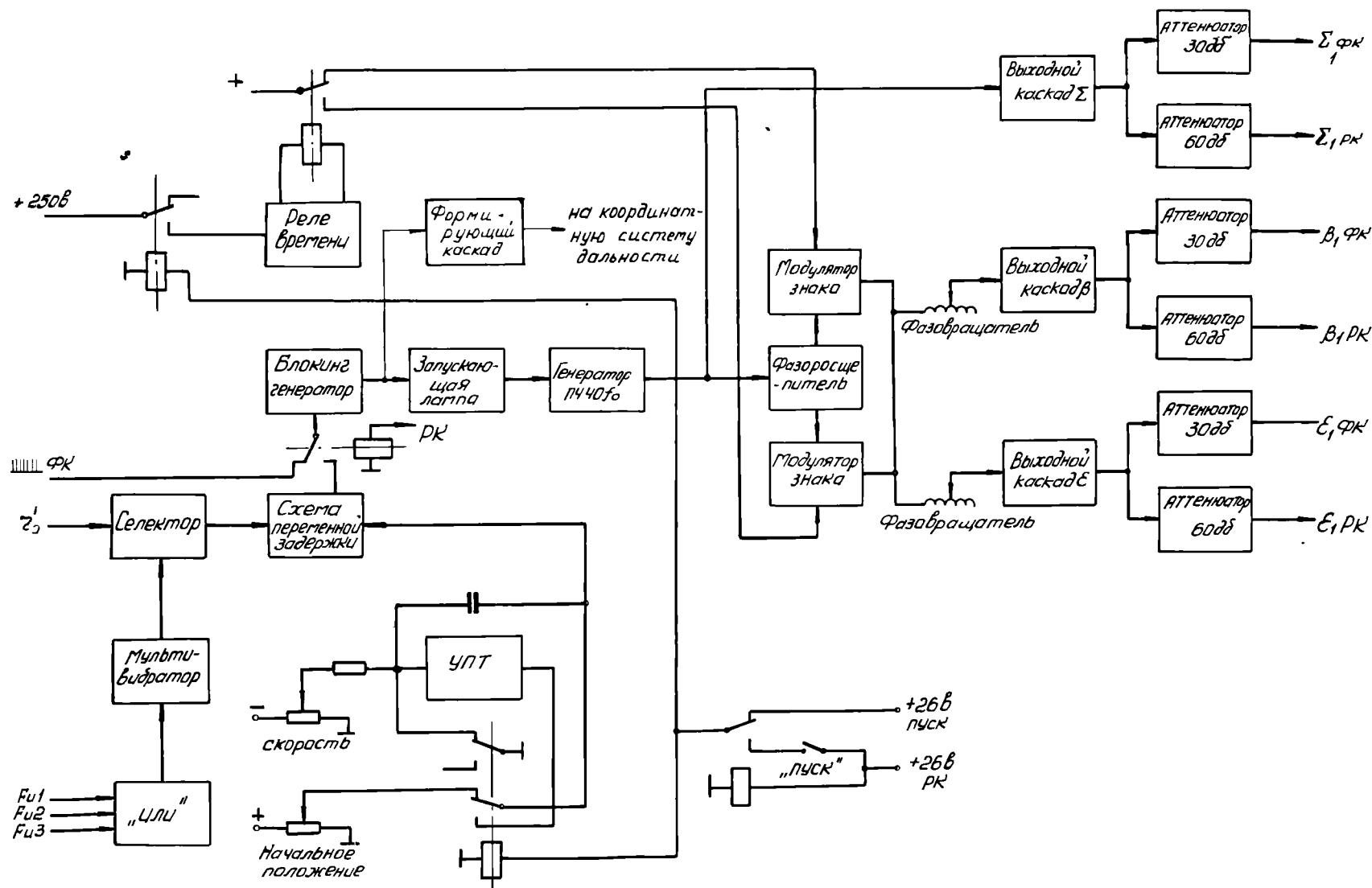


Рис. 4.8. Функциональная схема блока А52-Д1-1.

ся на схему "ИЛИ" и далее на запуск ждущего мультивибратора, который вырабатывает строб, определяющий длительность пачки импульсов имитируемого сигнала. Строб мультивибратора подается на селектор, куда с синхронизатора также поступают импульсы τ_0' , следующие с частотой 4,77 кГц.

Пачка видеоимпульсов с выхода селектора поступает на схему переменной задержки, с помощью которой осуществляется движение пачки по дальности со скоростью до 3 км/сек. или установка вручную дальности имитируемой "ракеты" в диапазоне от 0 до 25 км. В первом случае схема переменной задержки управляется напряжением с выхода интегратора, во втором (только в режиме регламентных работ) напряжением с потенциометра "начальное положение".

С выхода схемы задержки пачка видеоимпульсов поступает на блокинг-генератор, формирующий необходимую длительность каждого импульса в пачке.

Для комплексной проверки координатных систем дальности УНС и РСН предусмотрена возможность подавать на вход блокинг-генератора видеопачку "ракеты" с контрольной аппаратуры РСН (блок А21-1-4).

Импульсы с выхода блокинг-генератора поступают на запуск импульсного генератора промежуточной частоты, который и вырабатывает сигналы имитируемого ответчика на промежуточной частоте. Параллельно импульсы блокинг-генератора подаются на каскад формирования видеосигналов, которые могут использоваться для контроля системы дальности.

С выхода импульсного генератора промежуточной частоты сигналы следуют на выходной каскад суммарного канала (Σ) и фазорасщепитель разностных каналов (ξ и β). С выхода фазорасщепителя два напряжения промежуточной частоты, сдвинутые по фазе на 180° поступают на коммутатор знака фазы. Коммутатор управляется вручную и позволяет скачкообразно менять фазу выходного сигнала на 180° .

С выхода коммутаторов напряжения промежуточной частоты через фазовращатели, обеспечивающие получение необходимой разности фаз,

поступают на выходные каскады разностных каналов (ε и β). С выходных каскадов суммарного и разностных каналов имитированные сигналы подаются на входы приемных устройств через аттенюаторы с постоянным затуханием 30дб (для режима ПРК) или через регулируемые аттенюаторы с затуханием до 60дб для проведения регламентных работ.

В режиме "БР" напряжение питания с аппаратуры контроля УНС снимается, чем достигается полное отсутствие сигнала имитируемой "ракеты" на входах приемных устройств УНС.

Глава 5

СИЛОВЫЕ СЛЕДЯЩИЕ СИСТЕМЫ, УПРАВЛЯЮЩИЕ ПОЛОЖЕНИЕМ АНТЕНН

5.1. Назначение и основные требования

Силовые следящие системы служат для углового перемещения антенн СПК при сопровождении ракет.

Они включают в себя силовые следящие приводы, устройства определения угловых координат и преобразования сигнала ошибки, элементы ручного управления угловым положением антенн и антенного поста и индикации их положения.

Силовые приводы обеспечивают вращение кабины вкруговую, а антенных колонок в пределах $0 \div 90^\circ$ по азимуту и $\pm 40^\circ$ по углу места относительно кабины.

Если классифицировать режимы работы угловых следящих систем по виду управляющего сигнала, то можно рассматривать три режима. В первом режиме - внешнего управления (ВУ) следящие системы антенных колонок и кабины работают по информации от ЦВК и обеспечивают:

- переброс кабины антенного поста в азимутальной плоскости на $\pm 40^\circ$ за время не более 5 сек. и на 180° за время не более 20 сек.;

- переброс антенны в угломестной плоскости на $\pm 25^\circ$, а в азимутальной на $\pm 35^\circ$ за время не более 5 сек. относительно исходного состояния;

- угловые скорости и ускорения движения антенн при сопровождении: ω до $4^\circ/\text{сек.}$ и $\dot{\omega}$ до $2^\circ/\text{сек.}^2$;

- ошибки в конце времени переброса кабины и антенных колонок не более $\pm 1^\circ$.

Первое и второе требования определяются условиями предстартового наведения антенн СПК в точку захвата ракеты сначала по предварительным, а затем по уточненным данным.

Во втором режиме - автономного управления (АУ) следящие системы работают по сигналу ошибки УНС и обеспечивают:

- захват ракет на сопровождение по угловым координатам при изменении координат ракеты и ее производных в соответствии с графиком на рис.5.1. за время не более 3 сек. с ошибкой в конце захвата не более $30'$;

- систематическую ошибку (сумму статической и динамической ошибки) в измерении координат ракеты не более $30'$ при указанных выше значениях угловой скорости и ускорения.

В третьем режиме - ручного управления (РУ) следящие системы работают от аналоговых датчиков и могут функционировать только при РК.

5.2. Выбор структуры построения силовых следящих систем

Системы, управляющие положением антенн и антенного поста СПК, являются замкнутыми системами автоматического регулирования и работают во взаимодействии с цифровым вычислительным комплексом (ЦВК). В режиме ВУ информация о необходимом угловом положении поста и антенны вычисляется ЦВК в цифровой форме. В режиме АУ информация о положении поста и антенн также в цифровой форме должна быть подана в ЦВК.

Возможны два варианта построения следящих систем, отличающиеся способом вычисления сигналов ошибки в режиме ВУ. Эти сигналы определяются в цифровой форме и затем после преобразования в напряжения используются для управления силовыми следящими системами.

В первом варианте (рис.5.2а) сравнение текущих угловых координат

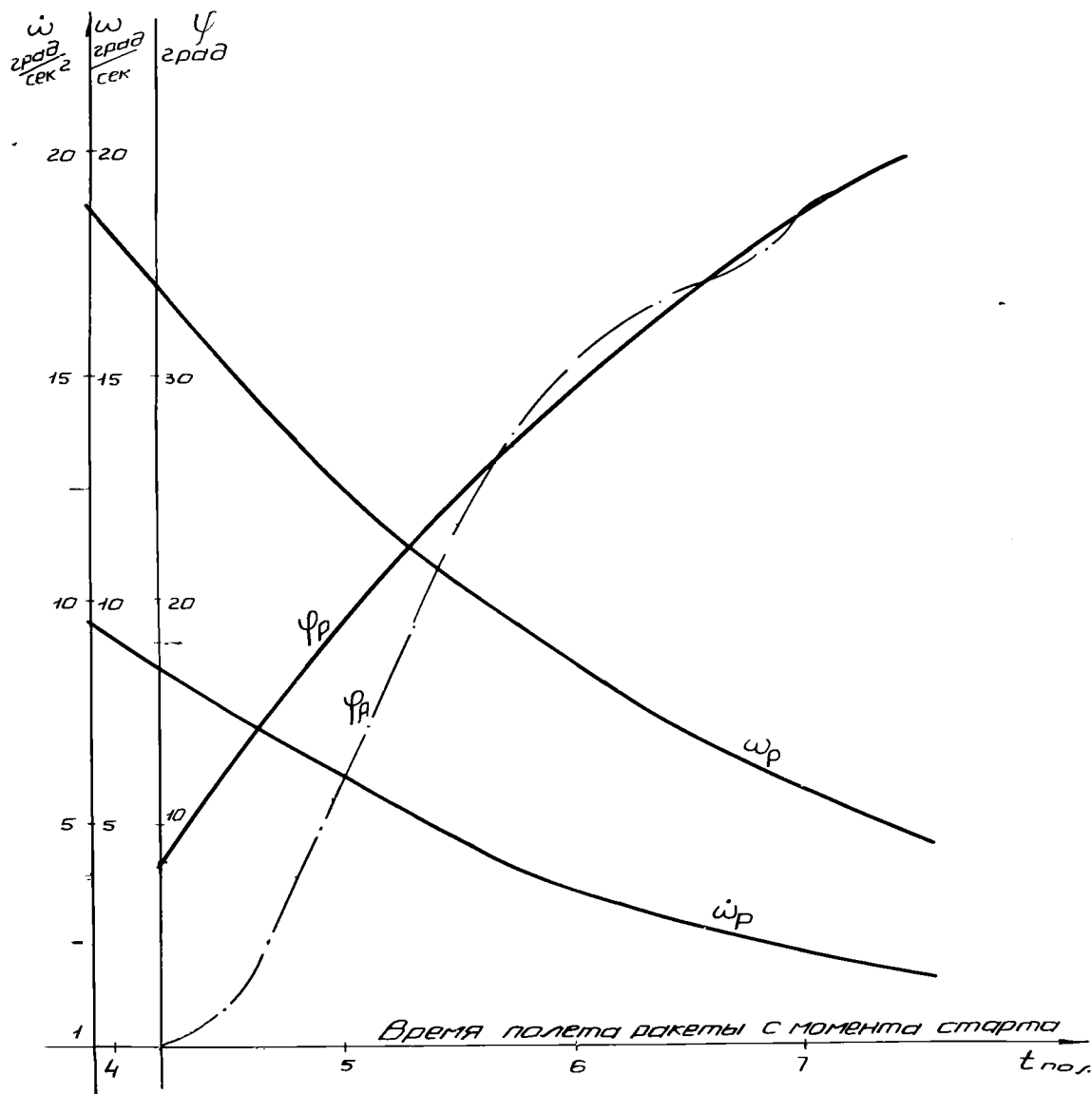


Рис. 5.1. График изменения относительной координаты, скорости и ускорения ракеты.

нат ракеты β_{it} , ε_{it} и координат антенн β_i , ε_i производится в цифровом сравнивающем устройстве, входящем в состав СПК. При этом дополнительно необходима довольно сложная аппаратура цифрового сравнивающего устройства, преобразователей кода и т.п.

Во втором варианте (рис.5.26) сравнение координат β_{it} , ε_{it} и β_i , ε_i производится в ЦВК с последующей передачей разностных координат (сигналов ошибки) $\Delta\beta_i$ и $\Delta\varepsilon_i$ в цифровой форме в СПК на силовые следящие системы. Этот вариант принят за основной, поскольку требует значительно меньшего объема аппаратуры.

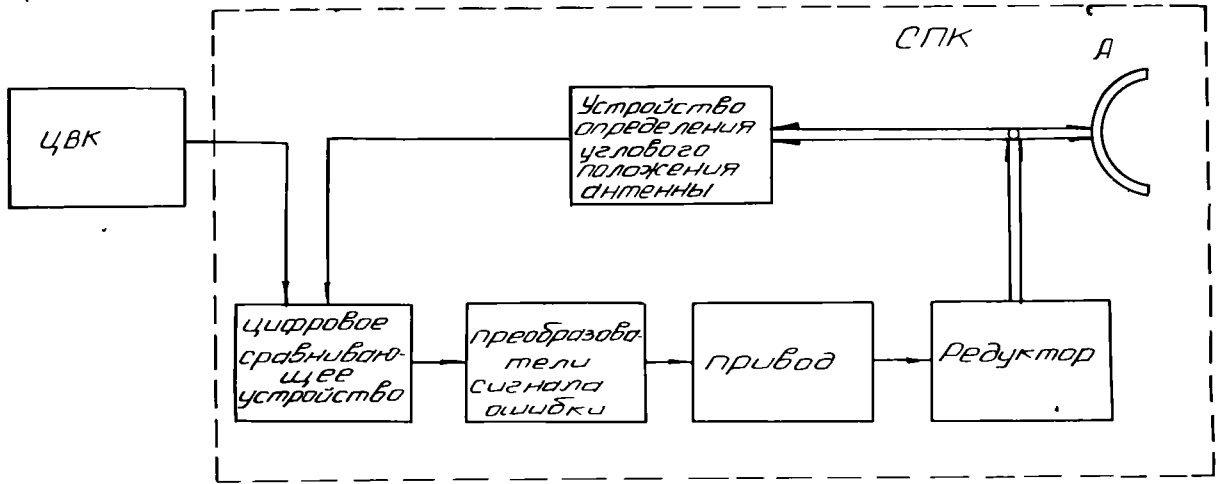
Блок-схема силовой следящей системы, управляющей положением антенн СПК в одной плоскости, представлена на рис.5.3. Антенные следящие системы могут работать в режиме ВУ, АУ и РУ. Следящая система, управляющая положением антенного поста, отличается только отсутствием режима АУ.

Для управления приводами антенн СПК в режиме АУ используется напряжение сигнала ошибки с дискриминатора приемника, пропорциональное угловой разности ($\Delta\beta_{ig}$, $\Delta\varepsilon_{ig}$) между ракетой и линией визирования антенны.

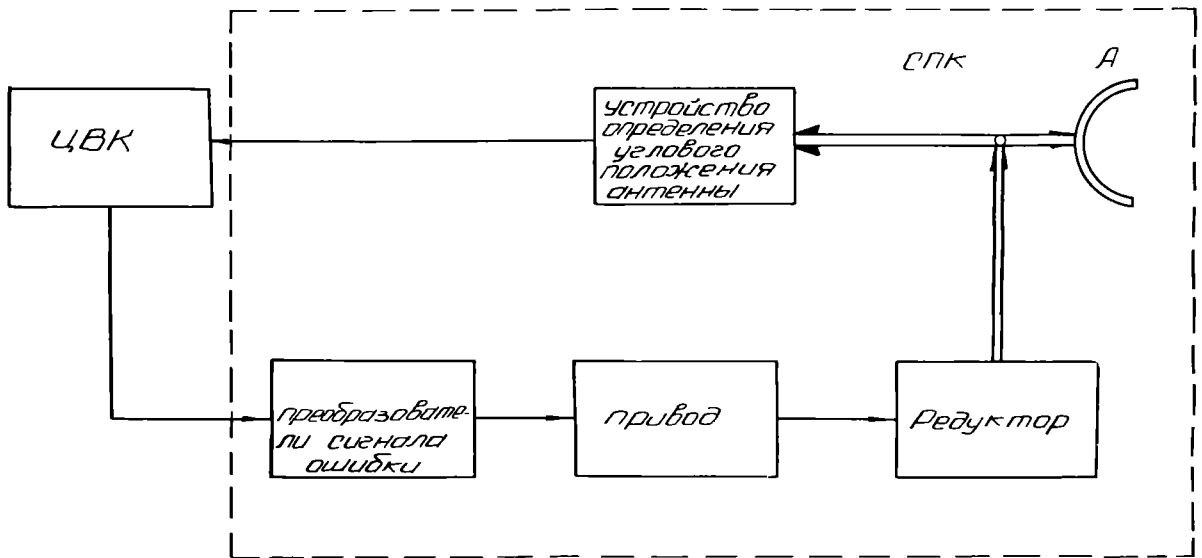
Информация о положении антенн в этом случае передается в ЦВК так же, как и в режиме ВУ в цифровой форме с устройств определения угловых координат антенн через преобразователи кода и синхронизатор обмена.

Для режима ручного управления в качестве измерительного элемента возможно использование цифрового датчика. Однако, это требует введения дополнительной аппаратуры, не участвующей в боевой работе. Для упрощения аппаратуры применена одношкальная дистанционная синхронно-следающая система на сельсинах.

Индикация углового положения антенн осуществляется с помощью цифрового индикаторного устройства, расположенного в синхронизаторе обмена и с помощью индикаторных сельсинов.



а) 1-ый вариант



б) 2-ой вариант

Рис. 5.2. Варианты структурной схемы системы управления антеннами СПК

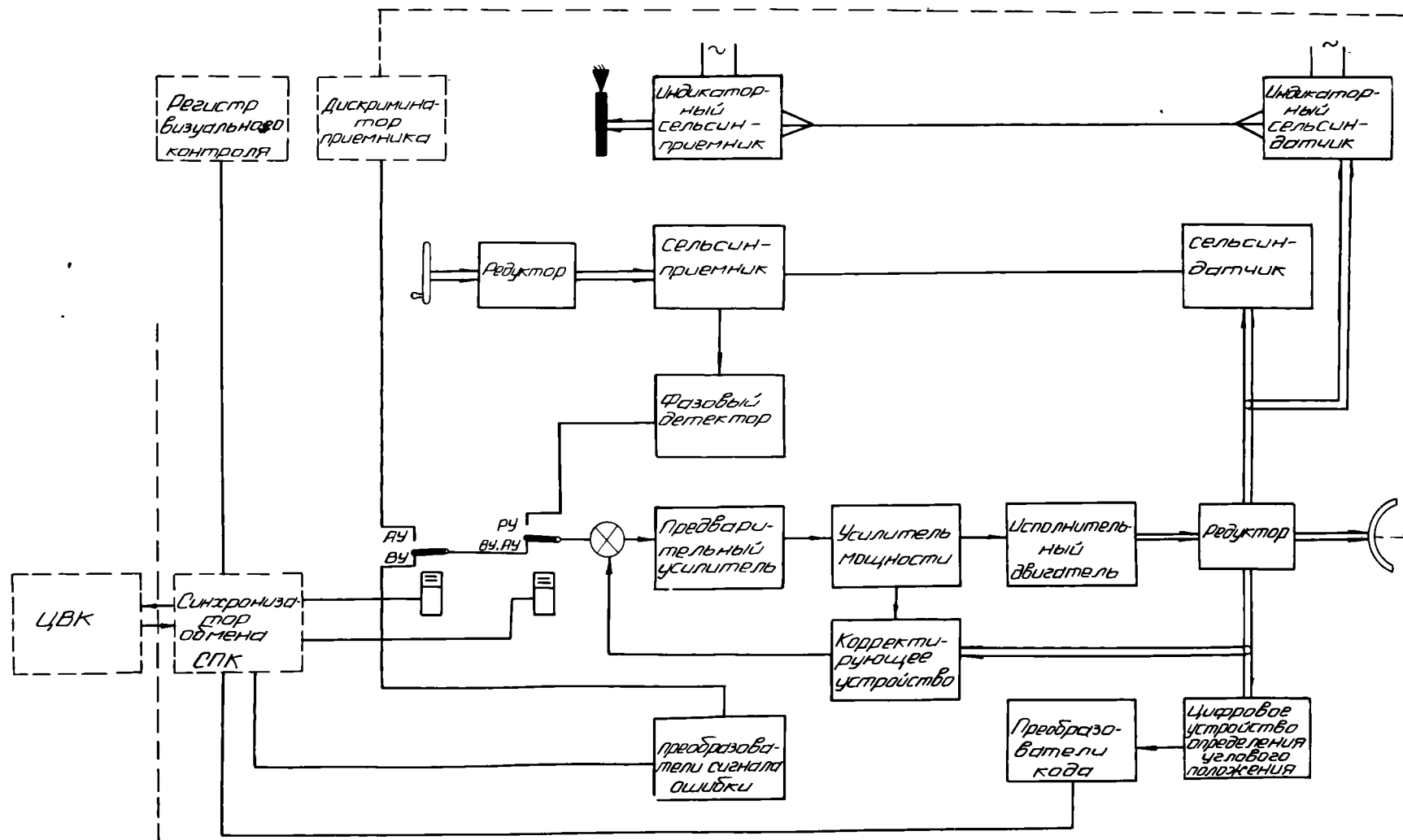


Рис. 5.3. Блок-схема привода антенны СПК в одной плоскости.

5.3. Выбор усилительных и исполнительных элементов силового следящего привода

5.3.1. Выбор типа привода. В силовых следящих системах наземных станций наведения широкое распространение имеет электрический привод. Использование гидравлического привода несмотря на быстроту его реакции при сравнительно больших нагрузках, нецелесообразно, ввиду того, что он более трудоемок в производстве, а в полевых условиях менее надежен и обладает меньшей мобилизационной готовностью, чем электрический привод.

Электропривод возможен в вариантах, связанных с использованием:

- шаговых двигателей,
- асинхронных двигателей,
- двигателей постоянного тока.

Шаговые двигатели обращают на себя внимание в связи с внедрением систем дискретного управления. Указанные двигатели позволяют преобразовывать управляющий импульс в фиксированный угол поворота вала без датчика обратной связи и получить систему со сравнительно более высокими динамическими показателями. Основные недостатки шаговых двигателей: необходимость силовых источников постоянного тока и низкий КПД (0,15). Шаговые двигатели не могут быть применены в связи с отсутствием отработанной серии этих машин для силовых электроприводов.

Слишком большое внимание, уделяемое дроссельному приводу с трехфазным асинхронным двигателем, неоправдано. Такие приводы надежны, но мало экономичны и неэффективны в системах с преимущественно динамическим характером работы.

Реверсивные двигатели-усилители (РДУ, РТДУ) в соединении с полупроводниковым усилителем, охваченные скоростной обратной связью, могли бы конкурировать в ряде случаев с системой генератор-двигатель. Однако, отсутствие отработанной серии этих электромашин не дает возможности рассчитывать на применение в данной системе.

В практике электрического следящего привода в основном используются двухфазные двигатели переменного тока и двигатели постоянного тока с независимым возбуждением, имеющие плавную регулировочную характеристику при изменении входного напряжения (на обмотке управления, якоря).

Двухфазные двигатели, обладая несомненным преимуществом по простоте и надежности конструкции при увеличении их мощности для применения в силовых электроприводах начинают проигрывать двигателям постоянного тока в габаритах и электромеханической постоянной времени. Для них также необходим сравнительно громоздкий усилитель мощности. Так, например, двигатель ДАД-8-300/400 на 300 в, 400 гц, 8000 гсм имеет $I_{упр.} = 5,3$ а и вес 16 кг. Таким образом, применение их в силовых приводах нерационально.

Сравнение основных вариантов регулируемых силовых следящих приводов с двигателями постоянного тока проводилось в направлении замены машинных преобразователей (усилителей) статическими, выполненными на основе магнитной или полупроводниковой аппаратуры. Отсутствие схем, которые бы обеспечивали достаточно экономичную и безотказную работу привода с такого рода преобразователями, не дает возможности применить их в данной системе.

Для силовых следящих систем СПК в качестве исполнительных приняты электродвигатели постоянного тока с независимым возбуждением. В соединении с электромашиными преобразователями они обеспечивают более жесткие требования в отношении точности, диапазона и плавности регулирования скорости, чем двигатели других типов с иными видами преобразователей.

Применение серийных электрических машин (типа ЭМУ и МИ) позволяет рассчитывать не только на получение требуемых динамических характеристик следящей системы, но и на высокую надежность этого узла устройств.

5.3.2. Оценка необходимой мощности и номинальной скорости исполнительных двигателей, выбор оптимальных передаточных чисел редукторов. Для выполнения расчетов максимальные величины нагрузок по результатам проработки конструкции приняты следующими:

— Привод кабины

| | |
|-----------------|--------------------------------------|
| Момент инерции | $J_{н.к} = 10.000 \text{ кгм.сек}^2$ |
| Момент трения | $M_{тр.к} = 400 \text{ кгм.}$ |
| Момент ветровой | $M_{в.к} = 800 \text{ кгм.}$ |

— Привод антенн (по β и ε)

| | |
|------------------|----------------------------------|
| Момент инерции | $J_{н.а} = 20 \text{ кгм.сек}^2$ |
| Момент трения | $M_{тр.а} = 10 \text{ кгм}$ |
| Момент ветровой | $M_{в.а} = 20 \text{ кгм}$ |
| Момент дебаланса | $M_{дб.а} = 20 \text{ кгм}$ |

Общий статический момент для приводов антенн по β и ε принят:

$$M_{ст. \varepsilon} = M_{тр.а} + M_{в.а} + M_{дб.а} = 50 \text{ кгм.}$$

Мощность исполнительного двигателя привода кабины определяется режимом переброса (на 40° за 5 сек. и на 180° за 20 сек.). Для обеспечения требований режима переброса с учетом изменения скорости по трапецеидальному графику максимальные величины скорости и ускорения выходного вала должны быть не менее

$$\begin{aligned} \omega_{\max} &= 16^\circ/\text{сек.} \\ \dot{\omega}_{\max} &= 8^\circ/\text{сек}^2. \end{aligned}$$

Чтобы в первом приближении получить требуемую мощность электродвигателя из условий получения максимальных ускорений в приводе с большой инерционной нагрузкой принято, что приведенный момент инерции двигателя равен моменту инерции нагрузки

$$J_n = i_{ред}^2 \cdot J_{дв.} \quad (5-1).$$

В предположении, что комбинация максимальных скорости и ускорения появляется одновременно с постоянным максимальным нагрузочным моментом, требуемая мощность вычисляется по формуле:

$$P = \frac{\omega_{\max} \left(M_{\text{ст.з}} + 2 J_H \dot{\omega}_{\max} \cdot \frac{1}{57,3} \right)}{57,3 \cdot 102 \lambda K_M \eta} [\text{квт}] \quad (5-2),$$

где: $\lambda = 1,5$ - коэффициент, учитывающий допустимое превышение номинальной скорости двигателя,

$K_M = 3$ - коэффициент перегрузки по моменту,

$\eta = 0,8$ - КПД силового редуктора.

При $M_{\text{ст.зк}} = 1200 \text{ кгм}$ и $J_{Hк} = 10.000 \text{ кгм.сек}^2$ имеем $P = 3,1 \text{ квт}$, что обеспечивается двигателем МИ-42Т, у которого $P_{Hдв.} = 3,2 \text{ квт}$ и $n_{Hдв.} = 2500 \text{ об/мин.}$

Оптимальное передаточное отношение редуктора из условия получения максимальных ускорений при разгоне и торможении привода:

$$i_{p-t_{\text{опт}}} = \frac{M_{\text{ст}}}{\eta \cdot K_M \cdot M_{Hдв.}} + \sqrt{\left(\frac{M_{\text{ст}}}{\eta \cdot K_M \cdot M_{Hдв.}} \right)^2 + \frac{J_H}{\eta \cdot J_{Hк.дв.}}} \quad (5-3)$$

После подстановки получаем

$$i_{p_{\text{опт}}} = 1800,$$

$$i_{t_{\text{опт}}} = 1000,$$

Принимаем $i_{p-t_{\text{опт}}} = 1400$, с учетом чего запас по моменту у двигателя МИ-42Т будет

$$K_{\text{зап.}} = \frac{M_{Hдв.}}{M_{\text{ст.}}} = 1,15;$$

а максимальная скорость

$$\omega_{\max} = \frac{6 \cdot \lambda \cdot n_{Hдв.}}{i_{\text{ред.опт.}}} = 16 \text{ \%сек.}$$

Для привода антенны с учетом графика изменения величин ψ_p , $\dot{\psi}_p$, $\ddot{\psi}_p$ (рис.5.1) были получены зависимости времени отработки рассогласования от передаточного числа силового редуктора для ряда двигателей серии МИ (рис.5.4.).

Для обеспечения минимального времени переходного процесса при захвате выбран двигатель МИ-22 ФТ $n_{н.дв.} = 2000$ об/мин, $M_n = 0,122$ кгм.

Из условия получения максимального ускорения находим (5.3) $i_{ред. опт.} = 470$. Однако для выполнения условия $M_{н.дв.} > M'_{ст}$ (номинальный момент двигателя больше приведенного момента нагрузки) и для получения возможности слежения с более низкой скоростью принимаем $i_{ред. опт.} = 650$.

Запас по моменту у двигателя МИ-22ФТ будет равен:

$$K_{зап.} = \frac{M_{н.дв.}}{M'_{ст.}} = 1,26.$$

Максимальная скорость

$$\omega_{макс.} = \frac{b \cdot l \cdot n_{н.дв.}}{i_{ред. опт.}} = 27,6 \text{ } ^\circ/\text{сек.}$$

Захват ракеты должен быть окончен не позже седьмой секунды после ее старта. Полное время окончания процесса захвата с момента старта ракеты равно

$$t_{зхв.} = t_{пер. пр.} + t_{о зхв.},$$

где: $t_{о зхв.}$ - время начала осуществления захвата, отсчитываемое от момента старта ракеты;

$t_{пер. пр.}$ - время переходного процесса силовой следящей системы антенны при захвате.

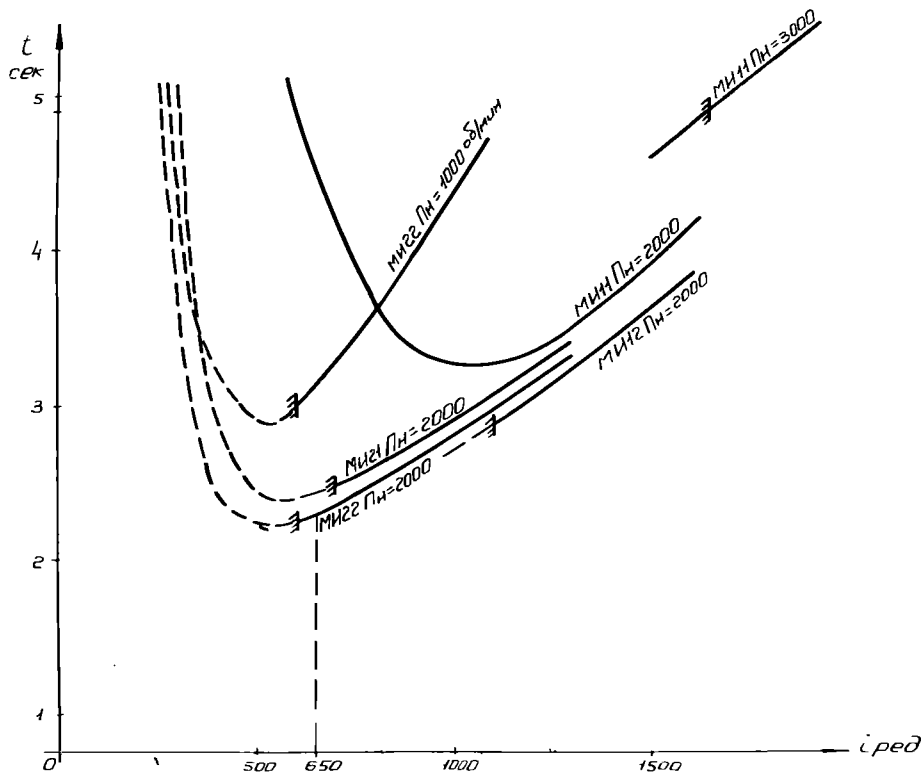


Рис. 5.4. Кривые зависимостей времени отработки расхолаживания от передаточного числа силового редуктора.

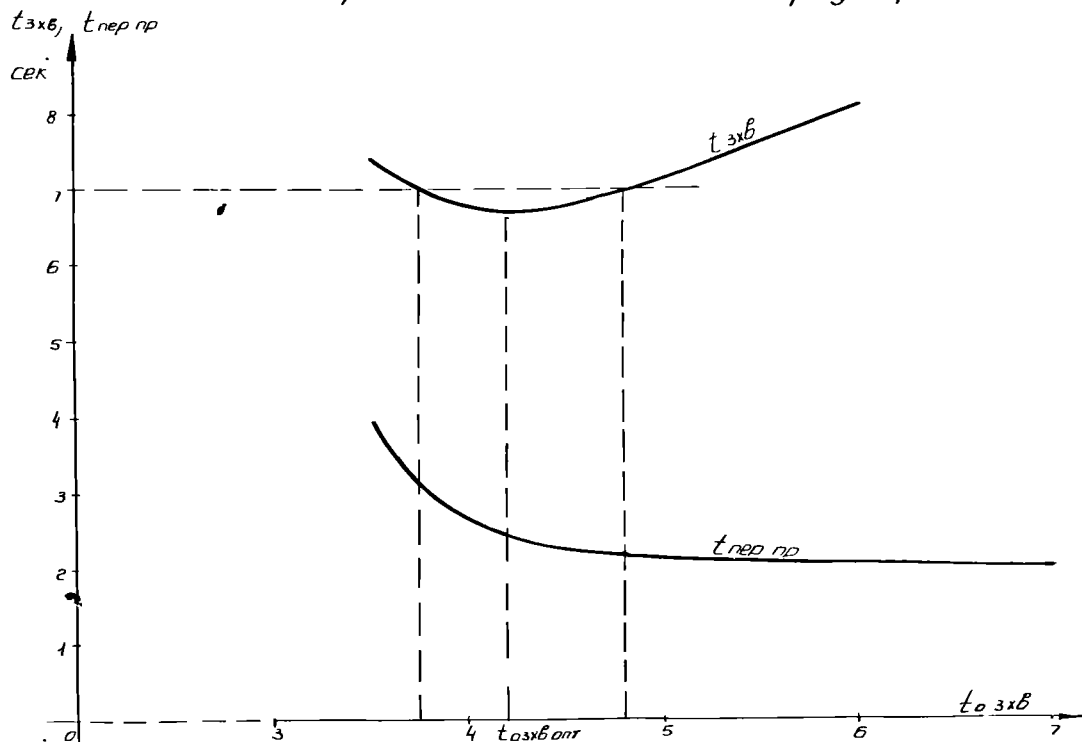


Рис. 5.5. кривые выбора оптимального времени начала захвата.

Наименьшее время переходного процесса следящей системы при захвате $t_{пер. пр. мщ.}$ определяется условиями отработки начального рассогласования с нулевыми скоростями и ускорениями ракеты. Следовательно, максимальное время начала осуществления захвата

$$t_{0 \text{ захв макс}} = 7 \text{ сек} - t_{пер. пр. мщ.}$$

Захват ракеты сразу после ее старта (первые 2-3 сек.) также не может быть осуществлен за время $t_{захв} \leq 7 \text{ сек.}$ ввиду значительных величин угловых скоростей и ускорений.

На рис. 5.5. показаны кривые зависимостей длительности переходного процесса следящей системы антенн $t_{пер. пр.}$ и полного времени окончания процесса захвата $t_{захв}$ от времени его начала $t_{0 \text{ захв}}$. Из кривой $t_{захв}$, представленной на этом рисунке, видно, что выполнение поставленной задачи по окончанию процесса захвата за время не более 7 сек. с момента старта ракеты может быть выполнено при условии $t_{0 \text{ захв}} = 3,8 \div 4,9 \text{ сек.}$ Оптимальное время начала захвата для вышеуказанных условий $t_{0 \text{ захв опт}} = 4,2 \text{ сек.}$

При заданном изменении относительной координаты ракеты φ_p и $t_{0 \text{ захв опт}}$ характер согласования следящей системы антенн показан кривой φ_a на рис. 5.1.

По предварительной оценке необходимой мощности исполнительных двигателей для поверочного расчета были выбраны машины типа МИ-42Т и МИ-22ФТ, технические данные которых представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1.

| Тип двигателя | P_n квт | n_n об/мин | U_n вольт | M_n кгм | $I_{як}$ ампер | η % | Вес кг |
|---------------|--------------|-----------------|----------------|--------------|-------------------|-------------|-----------|
| МИ-42Т | 3,2 | 2500 | 220 | 1,24 | 18 | 79 | 110 |
| МИ-22ФТ | 0,25 | 2000 | 110 | 0,122 | 2,9 | 70 | 24 |

5.3.3. Результаты поверочного расчета мощности исполнительных двигателей приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2.

| № п/п | Наименование расчетного параметра | Расчетная формула | Единица измерения | МИ-42Т | МИ-22ФТ |
|-------|--|--|----------------------|--------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Момент инерции нагрузки | J_n | кгм.сек ² | 10000 | 20 |
| 2. | Момент статической нагрузки | $M_{стз} = M_{тр} + M_e + M_{гд}$ | кгм | 1200 | 50 |
| | а) момент трения | $M_{тр}$ | кгм | 400 | 10 |
| | б) момент ветровой | M_e | кгм | 800 | 20 |
| | в) момент дебаланса | $M_{гд}$ | кгм | - | 20 |
| 3. | Угол переброса | $\varphi_{пд}$ | градус | 180 | 35 |
| 4. | Время переброса | $t_{пд}$ | сек. | 20 | 5 |
| 5. | Максимальная угловая скорость слежения | $\omega_{с макс.}$ | °/сек. | 4 | 4 |
| 6. | Максимальное угловое ускорение | $\ddot{\omega}_{с макс.}$ | °/сек. ² | 2 | 2 |
| 7. | Число оборотов двигателя | $n_{н дв.}$ | об/мин. | 2500 | 2000 |
| 8. | Номинальный момент двигателя | $M_{н дв.}$ | кгм | 1,24 | 0,122 |
| 9. | Маховый момент якоря двигателя | $G D^2_{як. дв.}$ | кгм ² | 0,26 | 0,016 |
| 10. | Момент инерции якоря двигателя | $J_{як. дв.} = \frac{G D^2_{як. дв.}}{4g}$ | кгм.сек ² | 0,0066 | 0,0004 |
| II. | Передаточное отношение | $i_{ред}$ | - | 1400 | 650 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|---|--|----------------------|--------------------|----------------------|
| 12. | Коэффициент полезного действия редуктора | η | - | 0,8 | 0,8 |
| 13. | Приведенный момент статической нагрузки | $M_{ст}' = \frac{M_{ст}}{i \cdot \eta}$ | кгм | 1,07 | 0,096 |
| 14. | Максимальная угловая скорость вала при перебросе | $\omega_{пд. макс.} = \frac{15 \cdot \pi \cdot n_{пд.}}{30} \cdot \frac{57,3}{i}$ | °/сек. | 16 | 27,6 |
| 15. | Приведенный момент инерции нагрузки | $J_H' = \frac{J_H}{i^2 \cdot \eta}$ | кгм.сек ² | $6 \cdot 10^{-3}$ | $0,59 \cdot 10^{-4}$ |
| 16. | Суммарный приведенный момент нагрузки при $J_{ред.} = 0,1 J_{як. дв.}$ | $J_{\Sigma}' = J_{як. дв.} + J_H' + J_{ред.}$ | кгм.сек ² | $13 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-4}$ |
| 17. | Момент двигателя при разгоне и торможения | $M_p = 3 M_H$ | кгм | 3,7 | 0,37 |
| 18. | Приведенный динамический момент при слежении | $M_{дин.}' = J_{\Sigma}' \frac{\dot{\omega}_c \cdot i}{57,3}$ | кгм | 0,64 | 0,0112 |
| 19. | Ускорение при разгоне | $\dot{\omega}_{разг.} = \frac{(M_p - M_{ст}')}{J_{\Sigma}'} \cdot \frac{57,3}{i}$ | °/сек ² | 8,3 | 49,1 |
| 20. | Ускорение при торможении | $\dot{\omega}_T = \frac{(M_p + M_{ст}')}{J_{\Sigma}'} \cdot \frac{57,3}{i}$ | °/сек ² | 15 | 83,4 |
| 21. | Время разгона при перебросе | $t_p = \frac{\omega_{пд. макс.}}{\dot{\omega}_p}$ | сек. | 2,0 | 0,56 |
| 22. | Время торможения | $t_T = \frac{\omega_{пд. макс.}}{\dot{\omega}_T}$ | сек. | 1,1 | 0,33 |
| 23. | Угол разгона при перебросе | $\varphi_p = \frac{\omega_{пд. макс.}}{2} \cdot t_p$ | градус | 16 | 7,7 |
| 24. | Угол торможения | $\varphi_T = \frac{\omega_{пд. макс.}}{2} \cdot t_T$ | градус | 8,8 | 4,5 |
| 25. | Время переброса при постоянной скорости | $t_{пост. пд.} = \frac{\varphi_{пд.} - \varphi_p - \varphi_T}{\omega_{пд. макс.}}$ | сек. | 9,5 | 0,82 |

| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|---|--|-----|------|-------|
| 26. | Общее время переброса при $t_{пер.к} = 23 \text{ сек.}; t_{пд.} = t_p + t_{пост.пд.} + t_r + t_{пер.сек.}$ $t_{пер.а} = 1,5 \text{ сек.}$ | | | 15,6 | 3,21 |
| 27. | Эквивалентный момент $M_{экв.} = \sqrt{\frac{M_{зр}^2 t_p + M_{ст}^2 t_{пост.пд.} + M_{зт}^2 t_r}{t_p + t_{пост.пд.} + t_r}}$ | кгм | | 2,05 | 0,29 |
| | с учетом $M_p = M_r = 3M_{пд.}$ | | | | |
| 28. | Кратность перегрузки двигателя | $\frac{M_{экв.}}{M_{пд.}}$ | - | 1,7 | 2,37 |
| 29. | Мощность двигателя при постоянной скорости переброса | $P_{пост.пд.} = \frac{M_{ст}' \cdot \omega_{пд.} \cdot i}{102 \cdot 57,3}$ | квт | 4,1 | 0,29 |
| 30. | Мощность двигателя при разгоне | $P_p = \frac{M_p \cdot \omega_{пд.} \cdot i}{102 \cdot 57,3}$ | квт | 14,2 | 1,06 |
| 31. | Мощность двигателя при слежении | $P_c = \frac{(M_{ст}' + M_{дин}') \omega_c \cdot i}{102 \cdot 57,3}$ | квт | 1,6 | 0,048 |
| 32. | КПД системы ЭМУ-МИ | $\eta_{общ.} = \eta_{зв.} \cdot \eta_{эмуагр.}$ | - | 0,63 | 0,48 |

Время переброса антенного поста в азимутальной плоскости на 40° будет порядка 5 секунд.

5.3.4. Выбор усилительных устройств и аппаратуры пуска и эл.м.т.

Регулируемый источник напряжения постоянного тока для исполнительных двигателей с возможностью усиления по мощности выбран, главным образом, по условиям быстродействия и получения динамических характеристик, близких к оптимальным.

Электромашинные усилители в этом отношении имеют много преимуществ, в том числе:

- необходимое значение усиления по мощности;
- возможность сложения и формирования сигналов с помощью обмоток управления, а также удобной реализации местных обратных связей;
- большую кратковременную перегрузочную способность и возможность форсировки по напряжению.

Технические данные электромашинных усилителей принятых для выбранных выше исполнительных двигателей приводов антенн и кабины с учетом перегрузочной способности показаны в таблице 5.3.

Таблица 5.3.

| Тип ЭМУ | Генератор | | | | | | | |
|----------|--------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|---|
| | P_H кВт | n_H об/мин | U_H вольт | I_H ампер | R_{Σ} ом | R_{gn} ом | R_{KO} ом | $R_{одн.} = R_{\Sigma} + R_{gn} + R_{KO}$ ом |
| ЭМУ-50А3 | 4,0 | 2935 | 230 | 17,4 | 0,475 | 0,11 | 0,385 | 0,87 |
| ЭМУ-5А | 0,5 | 2850 | 115 | 4,35 | 1,7 | 0,355 | 1,3 | 3,355 |

| Тип ЭМУ | Приводной двигатель | | | | | | Агрегат | |
|------------|---------------------------|----------------|----------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------|-----------|
| | $P_{\text{потр.}}$ кВт | U_H вольт | I_H ампер | $I_{\text{л. х.}}$ ампер. | $I_{\text{пуск}}$ ампер | $\cos \varphi$ — | η % | Вес кг |
| ЭМУ-50А3 | 5,9 | 380/220 | 11,3/19,5 | 7,2/12,5 | 130/230 | 0,8 | 80 | 210 |
| ЭМУ-5А | 0,93 | 380/220 | 1,8/3,1 | — /2,0 | — /30 | | 69 | 44 |

В качестве предварительного усилителя применен полупроводниковый усилитель (ШУ) с усилением по переменному току и дифференциальным включением нагрузки - обмоток управления ЭМУ с сопротивлением каждого плеча $R_{oy} = 1000 \text{ ом.}$

Преимущества такого усилителя:

- практически мгновенная после подачи напряжения готовность к работе;
- малый уход нуля;
- возможность дифференциального включения обмоток управления позволяющего уменьшить гистерезис в ЭМУ.

Усилитель обеспечивает необходимую форсировку ЭМУ по напряжению. В его состав входят: модулятор, эмиттерный повторитель, предварительный и выходной фазочувствительный каскады.

Для схемы пуска приводных двигателей ЭМУ-5А и ЭМУ-50А3 приняты контакторы типов ТКС-10ЗДТ и ТКС-20ЗДТ.

Защита цепей пуска приводных двигателей и якорных цепей ЭМУ-ММ осуществляется тепловыми реле ТРТ-113 и ТРТ-132.

5.4. Расчет следящей системы

5.4.1. Параметры и функция передачи элементов силовой части следящей системы (ЭМУ-ММ). Для составления передаточной функции системы ЭМУ-ММ определены дополнительно нижеследующие параметры:

Коэффициент ЭДС двигателя:

$$K_{\omega} = C_e = \frac{U_{ндв} - I_{ндв} \cdot R_{я.ц.} \cdot 1,24}{\frac{\pi \cdot n}{30}} \left[\frac{\text{в.сек}}{\text{рад}} \right]$$

Передаточный коэффициент двигателя

$$K_{дв.} = \frac{1}{C_e} \left[\frac{\text{рад}}{\text{в.сек}} \right]$$

Электромеханическая постоянная времени

$$\tau_p = \frac{J_z' \cdot R_g}{K_{\omega}^2} \cdot 9,81 \text{ [сек]},$$

где: J_z' - приведенный суммарный момент инерции в кгм.сек².

$R_g = \frac{E_H}{I_{K3}}$ - действующее сопротивление

$$R_g = R_{омич} + R_{ф.р.я} \text{ [ом]}$$

Коэффициент усиления холостого хода ЭМУ:

$$\mu_{х.х.} = \frac{U_{я.ц.н}}{I_{н.о.ч} \cdot R_{о.ч}} \text{ [в/в]},$$

где: $U_{я.ц.н}$ - номинальное напряжение якорной цепи ЭМУ

$I_{н.о.ч}$ - соответствующий номинальный ток по характеристике холостого хода ЭМУ;

τ_{K3} - постоянная времени нарастания тока КЗ ЭМУ в сек.;

τ_a - постоянная времени, учитывающая нарастание тока в обмотках ЭМУ в сек;

ξ - величина колебательности переходного процесса.

Передаточная функция ЭМУ-МИ в общем виде:

$$W(p)_{\text{ЭМУ-МИ}} = \frac{U}{U_y} = \frac{\mu_{х.х.}}{K_{\omega}} \cdot \frac{1}{p(1 + \tau_p \cdot p + \tau_p \cdot \tau_{K3} p^2)(1 + 2 \cdot \tau_a \cdot \xi \cdot p + \tau_a^2 p^2)}$$

Коэффициент усиления звеньев, охваченных обратной связью, с учетом приведения к валу нагрузки:

$$K_{охв.прив.} = \frac{\mu_{х.х.}}{K_{\omega}} \cdot \frac{57,3}{l_{ред}} \cdot K_{уч} \text{ [град / в.сек]},$$

где: $K_{ус}$ - коэффициент усиления полупроводникового усилителя с выходом на обмотки управления ЭМУ.

Коэффициент усиления разомкнутой следящей системы

$$K_p = K_{охв. прив.} \cdot K_{из},$$

где: $K_{из}$ - крутизна управляющего сигнала с измерительного элемента в различных режимах работы -

$$K_{изву}, K_{излу}, K_{изру}.$$

В связи с возможностью управления от цифровых устройств последовательная коррекция в данной следящей системе нежелательна. Коррекция привода осуществлена с помощью обратной скоростной и токовой связи.

Общий вид передаточной функции разомкнутой системы:

$$W(p)_p = K_p \cdot \frac{W(p)_{охв.}}{1 + W(p)_{охв.} \cdot W(p)_{ос}}$$

Расчетные параметры для определения передаточной функции системы для приводов кабины (ЭМУ 50А3-МИ-42Т) и антенн (ЭМУ5А-МИ-22ФТ) приводятся в таблице 5.4.

Таблица 5.4.

| Параметры | Размерность | П р и в о д ы | |
|-----------------------|-------------|---------------|---------|
| | | кабины | антенны |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| K_{ω} | в.сек/рад. | 0,76 | 0,5 |
| $K_{\dot{\varphi}}$ | рад/в.сек. | 1,31 | 2 |
| T_p | сек. | 0,51 | 0,135 |
| $I_{кз\dot{\varphi}}$ | а | 90 | 14,5 |
| R_g | ом | 2,4 | 7 |
| $\mu_{х.х.}$ | - | 10,3 | 5,75 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-------------|---------|---------|
| $K_{\text{ЭМУ-МИ}} = \frac{\mu_{\text{х.х.}}}{K_{\omega}}$ | рад/в.сек. | 13,7 | 11,5 |
| $T_{\text{нз}}$ | ма | 22 | 20 |
| $T_{\text{кз}}$ | сек | 0,56 | 0,28 |
| B_a | сек. | 0,007 | 0,006 |
| ξ | - | 0,35 | 0,6 |
| $K_{\text{ус.}}$ | - | 50 | 50 |
| $K_{\text{охв. прив. без ЧПТ(ППУ)}}$ | град/в.сек. | 0,56 | 1 |
| $K_{\text{охв. прив.}}$ | град/в.сек. | 28 | 50 |
| $K_{\text{из}}$ | в/град | 5÷8 | 5÷8 |
| K_p | 1/сек. | 140÷224 | 250÷400 |

Таким образом, передаточная функция ЭМУ-МИ (с учетом коэффициентов передачи редуктора и предварительного усилителя) для привода кабины:

$$W(p)_{\text{ЭМУ-МИ-К}} = \frac{28}{p(1+2 \cdot 0,48 \cdot 0,53p + 0,53^2 p^2)(1+2 \cdot 0,35 \cdot 0,007p + 0,007^2 p^2)}$$

для привода антенн:

$$W(p)_{\text{ЭМУ-МИ-А}} = \frac{50}{p(1+2 \cdot 0,35 \cdot 0,19p + 0,19^2 p^2)(1+2 \cdot 0,6 \cdot 0,006p + 0,006^2 p^2)}$$

Логарифмические частотные характеристики, соответствующие указанным выражениям и представленные на рис.5.6 и рис.5.7. показывают, что для получения устойчивости системы необходима ее коррекция.

5.4.2. Синтез корректирующих цепей и анализ устойчивости систем.

Предварительная оценка ошибок и требования к режимам работы электроприводов антенн и антенного поста указывают на возможность применения для них следящей системы с астатизмом первого порядка.

В связи с тем, что в режиме ВУ кодовая информация поступает с частотой 17гц, необходимо при расчете импульсной системы методами теории непрерывных систем учитывать, что

$$\omega_0 \geq 2 \omega_c ,$$

где $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 107$ - частота повторения,

ω_c - частота среза, определяющая полосу пропускания непрерывной части.

Так как электромеханические системы имеют собственную частоту на порядок меньше, то вышеуказанное условие автоматически выполняется, а следовательно все методы исследования непрерывных систем, в том числе и метод логарифмических частотных характеристик ЛЧХ, применимы к исследованию системы в режиме ВУ.

С учетом наклона высокочастотной части ЛАХ нескорректированной системы для привода кабины (см.рис.5.6) выбираем желаемую ЛАХ III-го типа (-20, -40, -20, -60 дб), передаточная функция которой определяется выражением:

$$W_k(p)_{ж} = \frac{K_{ж} (1 + T_k p)}{p(1 + T_1 p)(1 + T_3 p)},$$

где: $T_1 = 110$ сек,
 $T_k = T_2 = 2$ сек.,
 $T_3 = 0,1$ сек.

(из ЛАХ на рис.5.6).

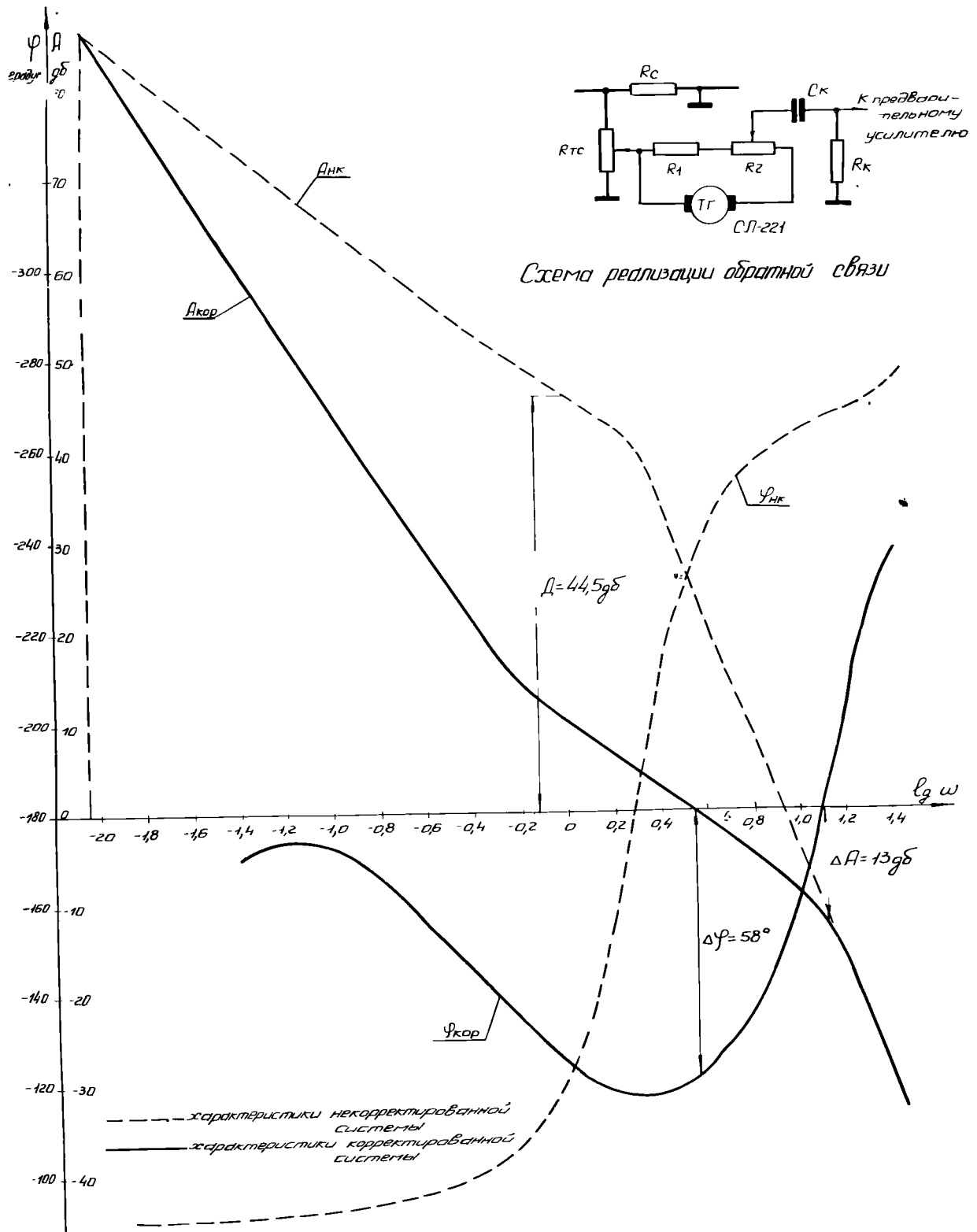


Рис 5.6. Логарифмические частотные характеристики силовой следящей системы кабины

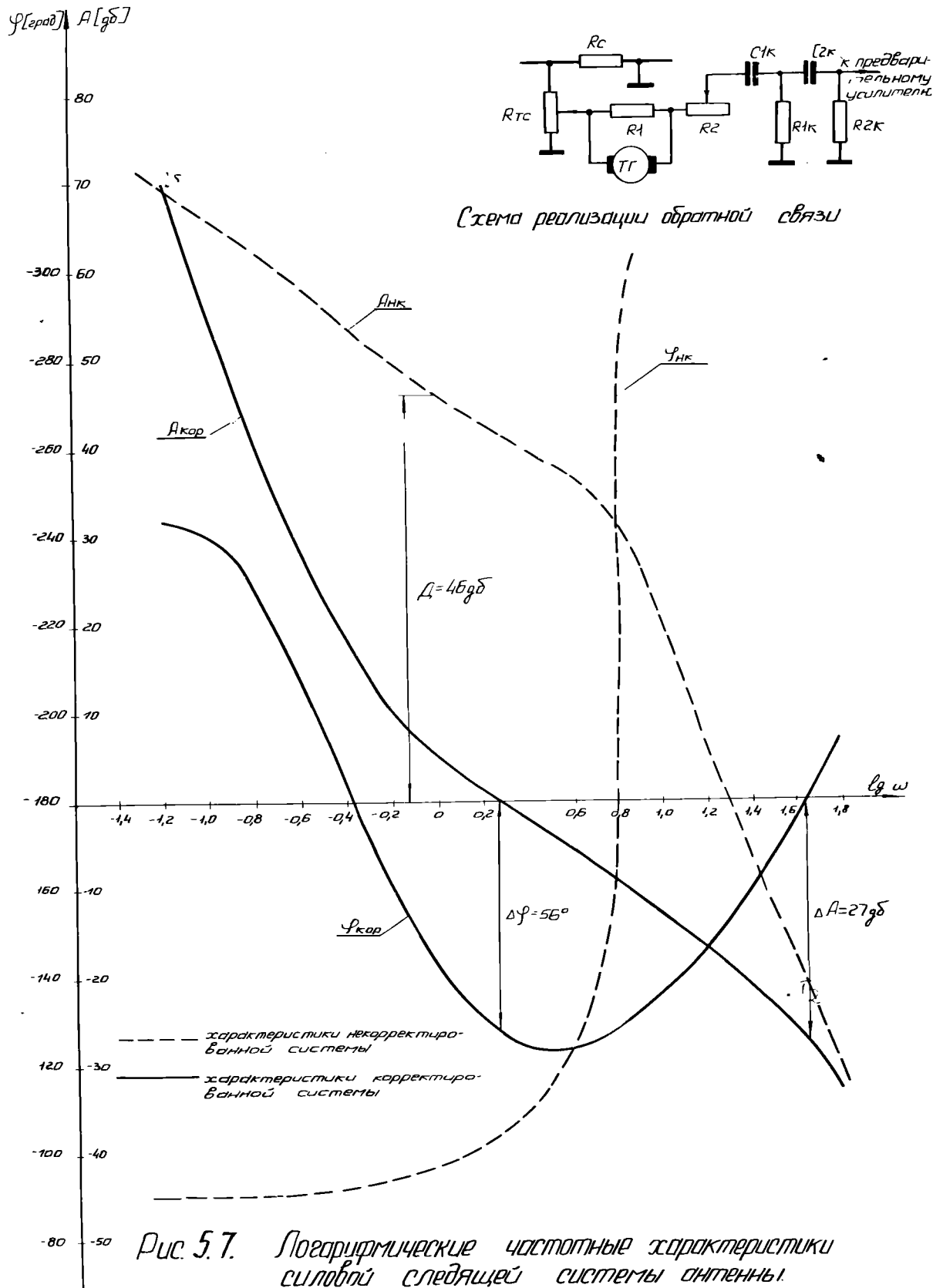


Рис. 5.7. Логарифмические частотные характеристики силовой следящей системы антенны.

Стремление к уменьшению времени переходного процесса и простейшей реализации корректирующих звеньев дает возможность составить и реализовать передаточную функцию обратной связи привода кабины следующим образом:

$$W_k(p)_{oc} = K_{oc} p^2 \frac{1 + T_{oc} p}{1 + T_k p}$$

Схема реализации обратной связи показана на рис.5.6, где

$$T_k = R \cdot C = 2 \text{ сек}; \quad T_{oc} = 0,1 \text{ сек.} \quad (\text{из ЛАХ}).$$

Крутизна напряжения с тахогенератора СЛ-22Г

$$K_{TГ\text{ сл}} = 20 \text{ мВ/об/мин.}$$

Приведенная крутизна к валу нагрузки

$$K_{TГ\text{ прив.}} = \frac{K_{TГ\text{ сл}} \cdot i_{ред}}{360/60} = 4,67 \left[\frac{\text{В} \cdot \text{сек}}{\text{рад}} \right]$$

Коэффициент обратной связи

$$K_{oc} = K_{TГ\text{ прив.}} \cdot T_k \cdot K_{дел-\Sigma} = 4,67 \left[\frac{\text{В} \cdot \text{сек}^2}{\text{рад}} \right],$$

где: T_k - постоянная времени корректирующего звена

$K_{дел-\Sigma}$ - коэффициент передачи делителя и сумматора.

Практически можно принять $K_{oc\text{ расч.}} = 4 \text{ В} \cdot \text{сек}^2 / \text{град.}$

Постоянная времени, характеризующая отношение коэффициентов обратной связи по току и скорости:

$$T = \frac{K_{Tc}}{K_{TГ}} = 0,1 \text{ сек}$$

откуда:

$$K_{TC} = T_{ac} \cdot K_{TG} = 0,1 \cdot 4 = 0,4 \left[\frac{\text{в.сек}^2}{\text{рад.}} \right]$$

Необходимое сериесное сопротивление в цепи якоря исполнительного двигателя для получения токовой связи:

$$R_c = \frac{M_{н.ф.}}{I_{н.ф.}} \cdot \frac{57,3}{J'_z \cdot i_{ред}} \cdot K_{TC} \approx 0,1 \text{ ом}$$

Анализируя ЛЧХ следящей системы привода кабины, представленные на рис.5.6 отмечаем:

а) по ЛЧХ разомкнутой системы при добротности $\mathcal{D}_p = K_p = 168 \text{ 1/сек.}$ и частоте среза $\omega_c = 3,55 \text{ 1/сек.}$ ($f_c = 0,57 \text{ гц.}$).

- запас устойчивости по фазе $\Delta \varphi = 57^\circ$,
- запас устойчивости по амплитуде $\Delta A = 12 \text{ дб.}$

б) замкнутая следящая система имеет полосу пропускания, определяемую граничной частотой $\omega_{\varphi} = 7,6 \text{ 1/сек.}$ ($f_{\varphi} = 1,2 \text{ гц.}$) (последняя определялась при отношении амплитуд $A(\omega) = 0,7$). Собственная частота замкнутой следящей системы

$$\omega_{рез.} = 1 \frac{1}{\text{сек}} \quad (f = 0,16 \text{ гц})$$

Показатель колебательности $M = 1,2$.

Привод антенны должен осуществлять захват и автоматическое сопровождение ракеты в режиме АУ и сопровождение в режиме ВУ.

С учетом наклона высокочастотной части ЛАХ нескорректированной системы (см.рис.5.7) выбираем желаемую ЛАХ 4-го типа (-20, -60, -20, -60 дб/дек), передаточная функция которой определяется выражением:

$$W_a(p)_{ж} = \frac{K_{ж} (1 + T_{1к} p) (1 + T_{2к} p)}{p (1 + T_1 p)^2 (1 + T_2 p)^2},$$

где: $K_{ж} = 200$ I/сек; $T_{1к} = 4$ сек; $T_1 = 25$ сек.
 $T_{2к} = 1,58$ сек.; $T_2 = 0,067$ сек.

Передаточная функция обратной связи:

$$W_a(p)_{oc} = K_{oc} p^3 \frac{(1 + T_{oc} p)}{(1 + T_{1к}) (1 + T_{2к})}$$

Схема реализации обратной связи показана на рис.5.7.

Передаточная функция корректирующего звена

$$W_k(p) = \frac{T_k^2 \cdot p^2}{1 + 2 \sum_k T_k p + T_k^2 p^2},$$

где: $T_k = \sqrt{T_1 \cdot T_2} = 2,5$ сек, т.к. $T_1 = 4$ сек и $T_2 = 1,58$ сек

$$\sum_k = \frac{T_1 + T_2 \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}{2 T_k}.$$

Значения параметров схемы обратной связи:

$$C_1 = 60 \text{ мкф};$$

$$C_2 = 15 \text{ мкф};$$

$$R_1 = 40 \text{ ком};$$

$$R_2 = 170 \text{ ком (с учетом } R_{вх. ус.}).$$

Приведенная к валу нагрузки крутизна характеристики тахогенератора:

$$K_{тг прив.} = \frac{K_{тг сл} \cdot \dot{\varphi}_{ред.г}}{6} = 2,16 \left[\frac{\text{в.сек}}{\text{град.}} \right].$$

Коэффициент обратной связи:

$$K_{oc} = T_k^2 \cdot K_{тг} = 13,5 \left[\frac{\text{в.сек}}{\text{град.}} \right] \left(\text{принято } K_{oc} = 10 \right);$$

$$T_{oc} = \frac{K_{тг}}{K_{тг}} = 0,067 \text{ сек.};$$

$$K_{TC} = T_{oc} \cdot K_{TG} \text{ рсч} = 0,13 \left[\frac{\text{сек}^2}{\text{рад}} \right];$$

$$R_c = \frac{M_{нгв}}{I_{нгв} \cdot j'_\varepsilon} \cdot \frac{57,3}{l} \cdot K_{TC} = 0,1 \text{ ом}$$

Анализируя ЛЧХ следящей системы привода антенн, представленные на рис.5.7, имеем:

а) по ЛЧХ разомкнутой системы при добротности $\mathcal{D}_p = K_p = 200 \text{ 1/сек}$ и частоте среза $\omega_c = 2 \text{ 1/сек}$ ($f_c = 0,32 \text{ гц}$):

- запас устойчивости по фазе $\Delta \varphi = 54^\circ$,
- запас устойчивости по амплитуде $\Delta A = 27 \text{ дб}$;

б) замкнутая следящая система имеет полосу пропускания, определяемую граничной частотой $\omega_{\varphi} = 2,88 \text{ 1/сек.}$ ($f_{\varphi} = 0,46 \text{ гц}$).

Собственная частота замкнутой следящей системы:

$$\omega_{рез} = 1 \text{ 1/сек} \quad (f_{рез} = 0,16 \text{ гц})$$

Показатель колебательности $M = 1,4$.

5.4.3. Оценка ошибок системы. При анализе ошибок следящей системы учитывались следующие их виды:

- статические ошибки;
- динамические ошибки;

Рассчитывались ошибки, определяющие точность передачи текущих координат ракеты в режиме АУ и ошибки, определяющие точность обработки данных в режиме ВУ.

Исходя из заданной суммарной ошибки и учитывая опыт предыдущих разработок, выбраны и заданы следующие точности передач:

- ошибки мертвых ходов редукторов силовых приводов
- | | |
|--------|------------------------|
| антенн | $\mathcal{E}_1 = 4'$; |
| кабины | $\mathcal{E}_2 = 4'$; |

- ошибки положения силовых редукторов

$$\text{антенн} \quad \sigma_3 = 5';$$

$$\text{кабины} \quad \sigma_4 = 5';$$

- ошибки положения приборных редукторов

$$\text{антенн} \quad \sigma_5 = 1';$$

$$\text{кабины} \quad \sigma_6 = 5';$$

- ошибки мертвых ходов приборных редукторов

$$\text{антенн} \quad \sigma_7 = 1';$$

$$\text{кабины} \quad \sigma_8 = 2';$$

- ошибки привязки к местности цифровых датчиков

$$\text{антенн} \quad \sigma_9 = 10';$$

$$\text{кабины} \quad \sigma_{10} = 10';$$

- ошибки, обусловленные изменением параметров усилительных устройств $\sigma_{11} = 4';$

- инструментальные ошибки цифровых датчиков

$$\sigma_{12} = 5'$$

Ошибки, обусловленные изменением параметров усилительных устройств носят случайный характер и подчиняются нормальному закону распределения, т.е.

$$\sigma_{\text{норм.}} = \frac{\sigma_i}{3}$$

Ошибки положения редукторов и инструментальные ошибки цифровых датчиков считаем распределенными по синусоидальному закону, т.е.

$$\sigma_{\text{синус.}} = \frac{\sigma_i}{\sqrt{2}}$$

Ошибки привязки к местности цифровых датчиков и ошибки мертвых ходов редукторов подчиняются закону равномерной плотности вероятности и

$$\sigma_{\text{равн}} = \frac{\sigma_i}{\sqrt{3}}$$

Статические ошибки, определяющие точность передачи текущих координат ракеты, зависят от ошибок системы управления положением антенны, ошибок приборного редуктора и цифровых датчиков привода антенны и приборного редуктора и цифровых датчиков привода кабины

$$\Delta_{\text{см}_{\text{АУ}}} = \sqrt{\frac{\sigma_9^2}{3} + \frac{\sigma_{10}^2}{3} + 2 \frac{\sigma_{11}^2}{9} + 2 \frac{\sigma_{12}^2}{2} + \frac{\sigma_3^2}{2} + \frac{\sigma_5^2}{2} + \frac{\sigma_6^2}{2} + \frac{\sigma_7^2}{3} + \frac{\sigma_8^2}{3} + \frac{\sigma_1^2}{3}} \approx 11'$$

Статические ошибки, определяющие точность отработки данных ВУ, зависят от ошибок системы управления положением антенны, ошибок приборного редуктора и цифровых датчиков привода антенны, от ошибок системы управления положением кабины и ошибок приборного редуктора и цифровых датчиков привода кабины.

$$\Delta_{\text{см}_{\text{ВУ}}} = \sqrt{\frac{\sigma_9^2}{3} + \frac{\sigma_{10}^2}{3} + 2 \frac{\sigma_{11}^2}{9} + 2 \frac{\sigma_{12}^2}{3} + \frac{\sigma_3^2}{3} + \frac{\sigma_5^2}{2} + \frac{\sigma_6^2}{2} + \frac{\sigma_1^2}{3} + \frac{\sigma_2^2}{3} + \frac{\sigma_7^2}{3} + \frac{\sigma_8^2}{3}} = 11,1'$$

Динамические ошибки в обоих случаях одинаковы, т.к. принято, что максимальные скорости и ускорения в режиме ВУ равны максимальным скоростям и ускорениям в режиме АУ.

Динамическая ошибка следящей системы определялась для скорости $\omega = 4$ град/сек. и ускорения $\dot{\omega} = 2$ град/сек².

Передающая функция разомкнутой следящей системы привода антенн

$$W_a(p)/p = \frac{K(T_{1K}p+1)(T_{2K}p+1)}{p(T_1p+1)^2(T_2p+1)^2},$$

где: $T_{1K} = 4$ сек.; $T_1 = 25$ сек; $K = 200$ I/сек.
 $T_{2K} = 1,58$ сек.; $T_2 = 0,067$ сек.

Подставив числовые значения и проведя преобразования, получим:

$$W(p)p = \frac{200(1 + 5,58p + 6,32p^2)}{p(1 + 50,134p + 631,7p^2 + 78,225p^3 + 28p^4)};$$

Рассчитываем коэффициенты ошибок, учитывая, что для астатической системы первого порядка имеем:

$$C_0 = 0;$$

$$C_1 = \frac{1}{K};$$

$$C_2 = 2 \frac{\alpha_1 - \beta_1}{K} - \frac{2}{K^2}.$$

В рассматриваемом случае

$$\alpha_1 = 50,134; \quad \beta_1 = 5,58; \quad K = 200.$$

Следовательно

$$C_1 = \frac{1}{200} \frac{1}{\text{сек}}; \quad C_2 \approx 0,45 \frac{1}{\text{сек}^2};$$

$$\Delta_{\text{дин.}} = 28'.$$

Но уже на восьмой секунде после старта ракеты ускорение равно $\ddot{\omega} = 1 \text{ град/сек}^2$.

Соответственно, динамическая ошибка становится равной

$$\Delta_{\text{дин.}} = 14'.$$

5.5. Устройство определения угловых координат антенн и антенного поста

Устройство определения угловых координат предназначено для:

- определения азимута (β) антенного поста (А51);



Рис. 58. Устройство определения угловых координат антенн и кабины антенного поста.

- определения азимутальных координат антенн ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$) относительно антенного поста;
- определения координат антенн по углу места ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$);
- передачи информации о координатах $\beta; \beta_1 \varepsilon_1; \beta_2 \varepsilon_2; \beta_3 \varepsilon_3$ в цифровом виде в ЦВК через синхронизатор обмена СПК.

Цифровая информация об угловом положении антенн и антенного поста выдается в синхронизатор обмена в параллельном нормальном двоичном коде с частотой 17 гц. Дискретность передаваемой информации - 10,5'.

Устройство определения угловых координат (рис.5.8) состоит из:

- семи блоков цифровых датчиков (по каждой координате),
- блока формирования импульсов, состоящего из узла питания датчиков и формирования импульсов;
- селекторов информации;
- двух преобразователей (по β , по ε);
- устройств контроля аппаратуры и управления резервом.

Предусмотрено резервирование блока цифровых датчиков привода кабины антенного поста, а также аппаратуры формирования импульсов и преобразования кода.

Блоки цифровых датчиков и блок формирования угловых импульсов расположены в кабине А51. Остальная аппаратура размещена в кабине А52.

Блок цифровых датчиков БДК9-3 (рис.5.9) предназначен для непосредственного преобразования угла в цифровой код. Применение цифровых датчиков по сравнению с аналоговыми датчиками углов в системах управления, использующих цифровые вычислительные устройства, позволяет существенно упростить и уменьшить объем применяемой аппаратуры. В данной системе применен цифровой контактный девятиразрядный датчик типа ДК9-3, который по своим эксплуатационным данным соответствует техническим требованиям на аппаратуру системы С-225.

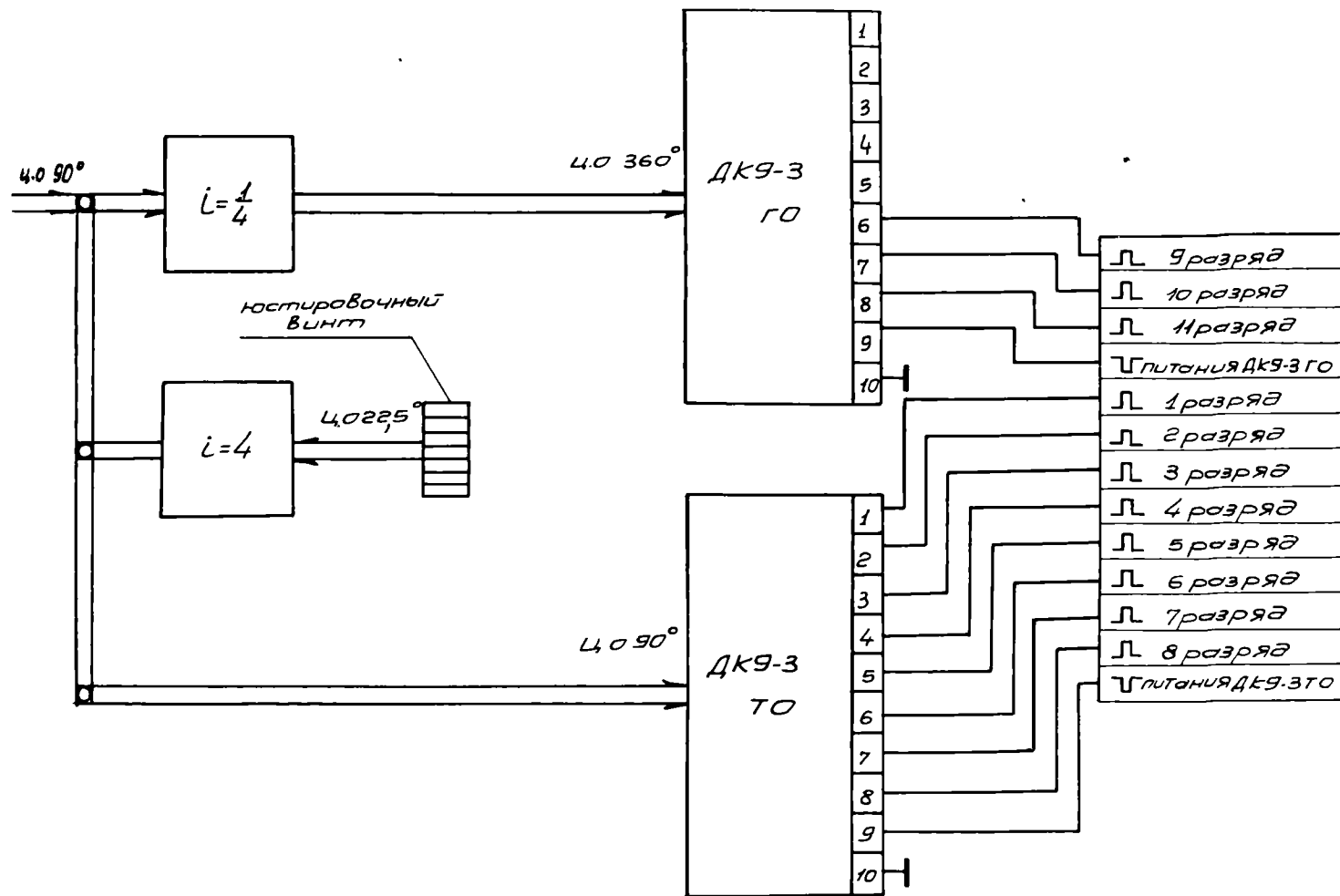


Рис. 5.9 Блок датчиков БДК9-3

Применение бесконтактных цифровых датчиков в данной разработке невозможно из-за отсутствия в настоящее время их серийных образцов.

В датчике ДК9-3 9 импульсных трансформаторов (по числу разрядов) объединяются 512 проводами связи. Импульс питания, который ^{подается} через контактную щетку, соединенную с одним из 512 проводников возбуждает те или иные трансформаторы, в зависимости от углового положения контактной щетки. Информация с каждого датчика снимается параллельно со вторичных обмоток возбужденных трансформаторов в виде последовательности импульсов, соответствующих текущему значению угла в циклическом коде.

Требуемая дискретность преобразования угла, равна $10,5'$, для привода кабины соответствует II двоичным разрядам и обеспечивается двухкальным устройством из двух датчиков (точного и грубого), соединенных редуктором с передаточным отношением $i = 4,8$ младших разрядов кода формируются точным датчиком (цена оборота 90°), а 3 старших - грубым (цена оборота 360°).

Блок формирования угловых импульсов (рис. 5.8) предназначен для:

- усиления по мощности и напряжению импульсов питания датчиков ДК9-3;
- формирования импульсов цифровой информации с датчиков для передачи их из кабины А51 в кабину А52.

В состав блока входят 14 усилителей мощности импульсов питания датчиков (по одному на каждый датчик) и II формирователей импульсов цифровой информации. В качестве резерва предусмотрены два усилителя мощности импульсов питания резервного блока датчиков и II формирователей импульсов цифровой информации.

Каждый усилитель мощности состоит из ячейки типа УТ (усилитель тока) и ячейки типа ФТ (формирователь тока). Формирователи импульсов угловой информации выполнены на ячейках типа И (высокочастотный инвертор), которые обеспечивают передачу импульсов информации из кабины А51 по кабелю длиной ~ 30 м в кабину А52.

Преобразователи кода (рис.5.10) предназначены для преобразования информации с датчиков из циклического параллельного двоичного кода в нормальный параллельный двоичный код и передачи преобразованной информации в синхронизатор обмена СПК.

Преобразование информации производится в двух преобразователях. В одном поочередно преобразуется информация $\beta, \beta_1, \beta_2, \beta_3$, в другом поочередно $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$. Каждый преобразователь состоит из 11 ячеек преобразования. В ячейку входят:

- триггер входного регистра, выполненный на ячейках ИН;
- два триггера преобразования, выполненные на ячейках типа ИН (один из триггеров преобразования является одновременно триггером выходного регистра);
- вентили совпадения (ячейки B_n) и схемы "ИЛИ" (ячейка $C\delta$), ячейка преобразования имеет один триггер преобразования.

Преобразователь решает логическую формулу:

$$A_{k-1} = A_k \cdot \bar{a}_{k-1} + \bar{A}_k \cdot a_{k-1},$$

где:

- A_k - старший разряд числа в нормальном коде;
- a_k - старший разряд числа в циклическом коде.

Формула преобразования определяет значение всех разрядов нормального кода, кроме старшего. Значение старшего разряда в циклическом и нормальном кодах совпадают.

Работа преобразователя производится в следующем порядке: Информация в циклическом коде через входные вентили записывается на входном регистре. Преобразование начинается со старшего разряда, на вентили совпадения которого подается импульс преобразования. Значение старшего разряда переписывается из входного регистра в выходной, запоминающий. Далее, в соответствии с логической формулой производится преобразование остальных разрядов. Результат преобразования в нормальном коде записывается на триггерах выходного регистра.

Селекторы информации предназначены для:

- распределения цифровой информации на преобразователи β и ε (селекторы входной информации по β и ε рис.5.11);

- выдачи преобразованной информации в синхронизатор обмена СПК (селектор выдачи информации, один на оба преобразователя (рис.5.12)). Селекторы состоят из вентиля совпадения (ячейка B_n) и статического триггера на двух инверторах типа ИН. Ячейка ПЭМ (повторитель эмиттерный, мощный) применяется, как усилитель мощности преобразуемых импульсов. Предусмотрен резервный канал преобразователей и селекторов информации, которые аналогичны выше описанным устройствам.

Работа устройства определения угловых координат (рис.5.8) регламентируется управляющими импульсами, поступающими из синхронизатора обмена СПК. На рис.5.13 приведена временная диаграмма импульсов, где обозначены:

| | |
|--------------------------------|--|
| " Γ_{HO} " | - импульс начала обмена, |
| " $\Pi_{съем\beta}$ " | - импульс съема по β , |
| " $\Pi_{увед.\beta}$ " | - импульс уведомления по β , |
| " $\Pi_{съем\beta_1}$ " | - " - съема по β_1 , |
| " $\Pi_{съем\varepsilon_1}$ " | - " - съема по ε_1 , |
| " $\Pi_{увед.\varepsilon_1}$ " | - " - уведомления ε_1 , |
| " $\Pi_{съем\beta_2}$ " | - " - съема по β_2 , |
| " $\Pi_{съем\varepsilon_2}$ " | - " - съема по ε_2 , |
| " $\Pi_{увед.\varepsilon_2}$ " | - " - уведомления по ε_2 , |
| " $\Pi_{съем\beta_3}$ " | - " - съема по β_3 , |
| " $\Pi_{съем\varepsilon_3}$ " | - " - съема по ε_3 , |
| " $\Pi_{увед.\varepsilon_3}$ " | - " - уведомления по ε_3 , |
| " $\Gamma_{запись}$ " | - " - записи, |
| " $\Gamma_{запрет}$ " | - " - запрета. |

Импульс " Π съема β " обнуляет входной и выходной регистры (рис.5.10) преобразователя кода β , открывает с помощью триггера селектора входной информации β вентиль самого селектора и входные вентили преобразователя кода. (рис.5.11). Работа канала β приводится на рис.5.14. Одновременно импульс " Π съема β " выдается в кабину

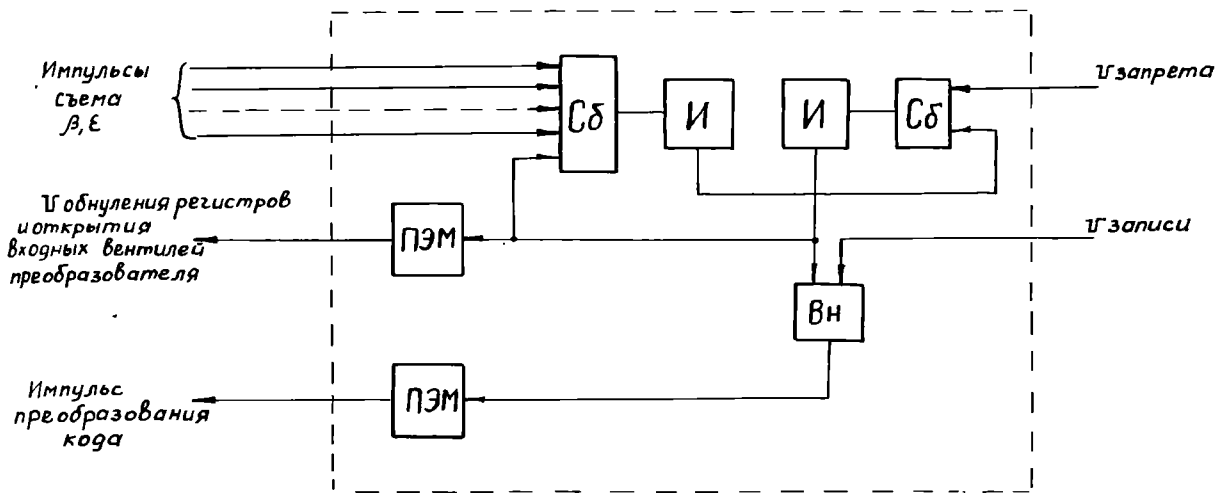


Рис. 5.11 Селектор входной информации.

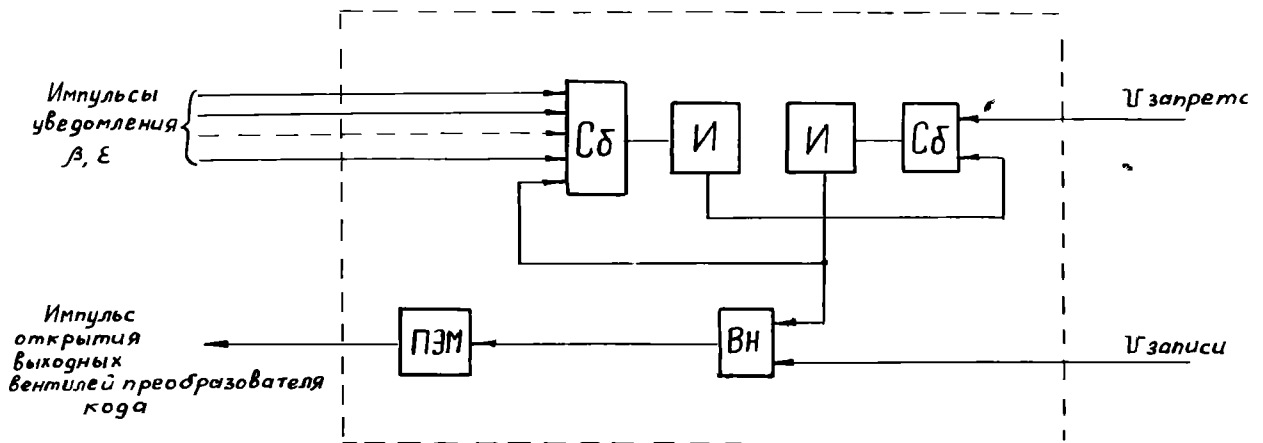


Рис. 5.12 Селектор выдачи информации.

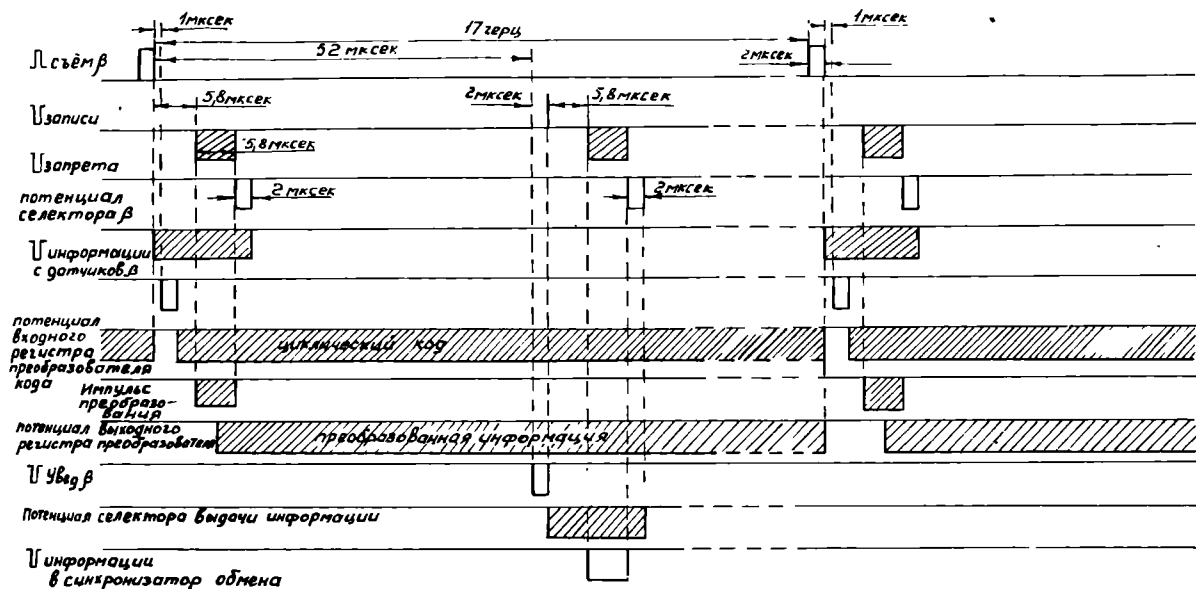


Рис. 5.14. Временная диаграмма работы устройства определения угловых координат по координате β

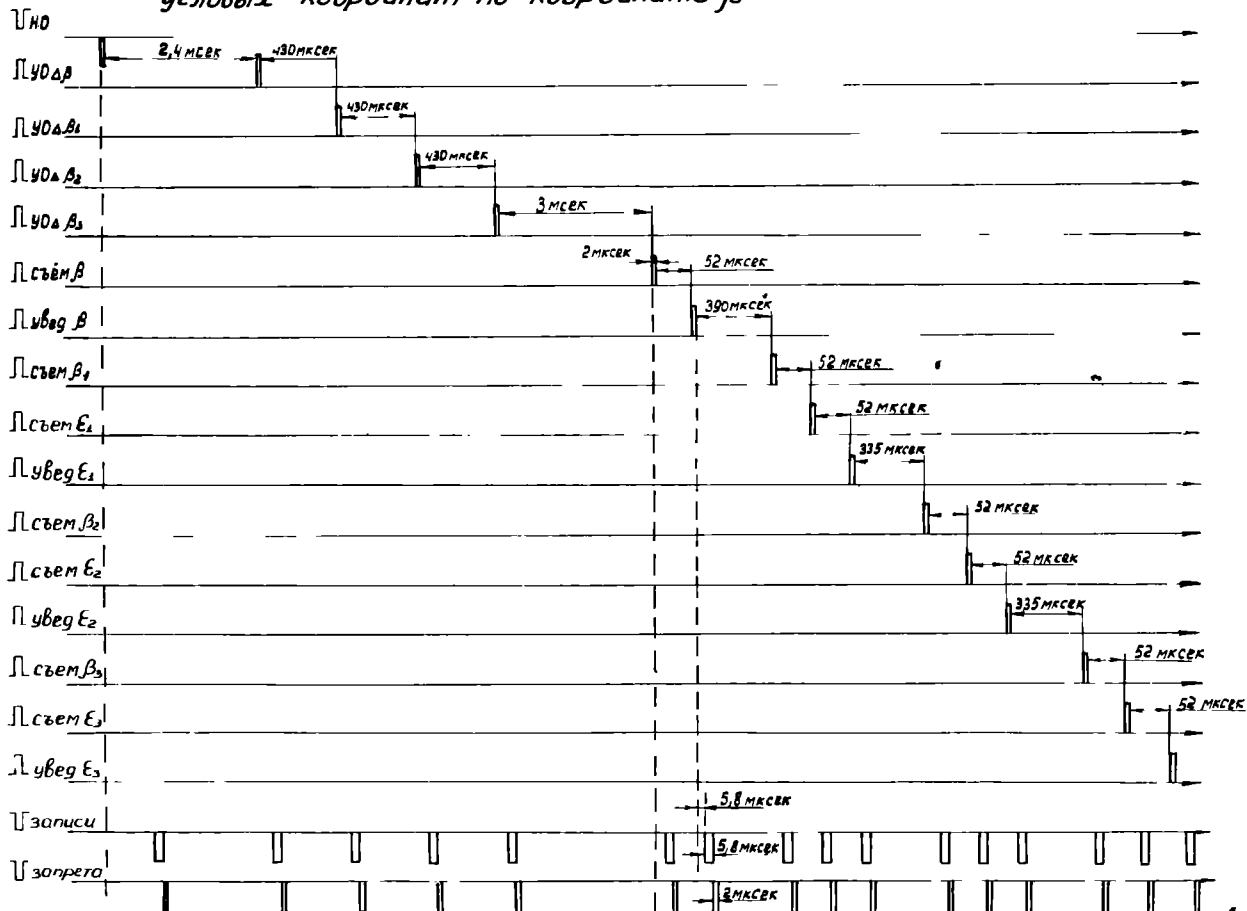


Рис. 5.13. Временная диаграмма импульс-контроля и работы устройства определения угловых координат.

А51, где поступает на входы (рис.5.8) усилителей мощности питания датчиков ДК9-3 блока БДК9-3 по β .

Информация с датчиков в параллельном циклическом коде поступает в узел формирования импульсов. Здесь импульсы информации формируются по уровням напряжения и направляются в преобразователь кода по β . Информация проходит через открытые вентили преобразователя кода и записывается на входном регистре. Селектор входной информации (рис.5.II) из последовательности импульсов записи, поступающих на вентиль селектора, выбирает импульс, соответствующий данному импульсу съема. Выделенный импульс используется как импульс преобразования кода. После выделения импульса преобразования и записи информации в регистр триггер селектора обнуляется импульсами запрета, закрывая вентиль самого селектора и входные вентили преобразователя по β . По мере преобразования запись информации в нормальном коде производится на выходном регистре преобразователя.

Выдача информации в синхронизатор обмена производится через выходные вентили Вн (рис.5.I0) импульсом записи, который выделяется селектором выдачи информации с помощью импульса „Л увед β “ (рис.5.I2).

Аналогичным образом производится опрашивание датчиков и преобразование информации по $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и по $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$.

Угловая информация из преобразователей кода за цикл работы выдается с помощью импульсов уведомления в следующем порядке:

- по β (Л увед β),
- по β_1 и ε_1 одновременно (Л увед ε_1),
- по β_2 и ε_2 одновременно (Л увед ε_2),
- по β_3 и ε_3 одновременно (Л увед ε_3).

5.6. Устройство преобразования ЦЗМ в напряжение

Устройство преобразования цифр в напряжение предназначено для преобразования вычисленных в ЦВК сигналов ошибки из цифровой формы в напряжение постоянного тока для семи следящих систем приводов

(рис.5.15).

Устройство преобразует 6 двоичных разрядов (5 значащих, шестой знаковый), в сумму соответствующих углу рассогласования до $\pm 5^{\circ}10'$, в напряжение с крутизной изменения около 5 в/град. Информация поступает из синхронизатора обмена СПК параллельным кодом по двум группам связи: одна группа для сигналов ошибки $\Delta\beta; \Delta\beta_1; \Delta\beta_2; \Delta\beta_3$, другая для $\Delta\xi_1; \Delta\xi_2; \Delta\xi_3$.

В состав устройства входят:

- селекторы информации по каналам управления приводами трех антенн и приводом антенного поста;
- преобразователи цифр в напряжение (ПЦН) с запоминающими регистрами для каждого из семи преобразуемых сигналов.

Для привода антенного поста предусмотрены резервные селектор и ПЦН с регистром.

Селекторы информации предназначены для распределения информации сигналов ошибки по соответствующим каналам. Селектор состоит из вентилей совпадения (Вн) и статического триггера, управляющего вентилем. Триггер выполнен на двух ячейках типа ИН.

Преобразователь цифр в напряжение (ПЦН) (рис.5.16) состоит из:

- ключей, коммутирующих эталонные напряжения $U_{эт} = +30\text{В}$ и $U_{эт} = -30\text{В}$ по два ключа на каждый значащий разряд и по два на каждую цепь эталонных источников;
- триггеров регистра, управляющих ключами (модуль КВ, рис.5.17), по одному на каждый разряд;
- сопротивлений R и $2R$, обеспечивающих соответствующий вес разряда в выходном напряжении постоянного тока.

На весовых сопротивлениях производится суммирование напряжений тех разрядов, весовые сопротивления которых $2R$, подключены к эталонному источнику. В этом случае в соответствующем разряде цифрового кода будет "1". Если в разряде кода присутствует число "0", то

От синхронизатора обмена СПК

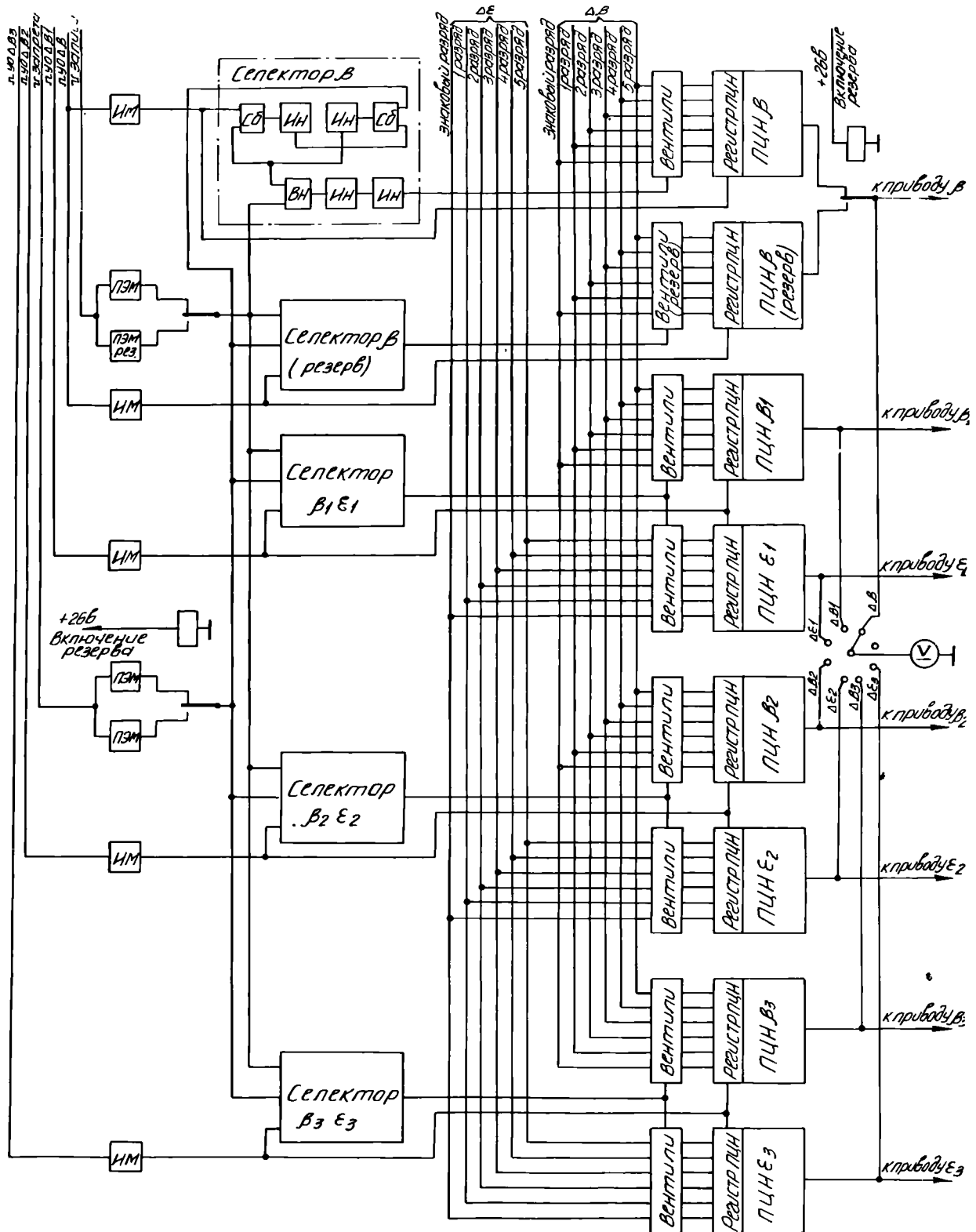


Рис. 5.15. Устройство преобразования сигналов Δ из цифрового вида в напряжение

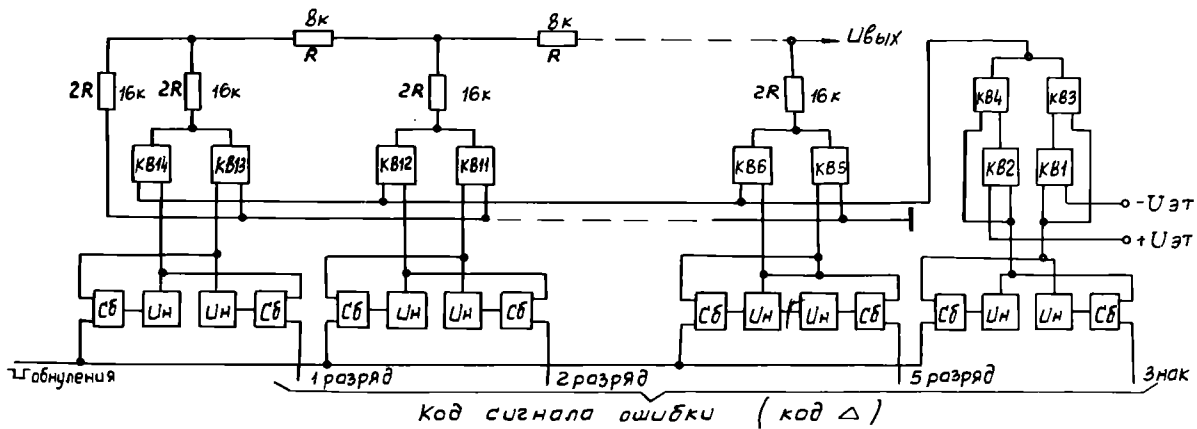


Рис. 5.16 Функциональная схема преобразователя цифр в напряжение (ПЦН)

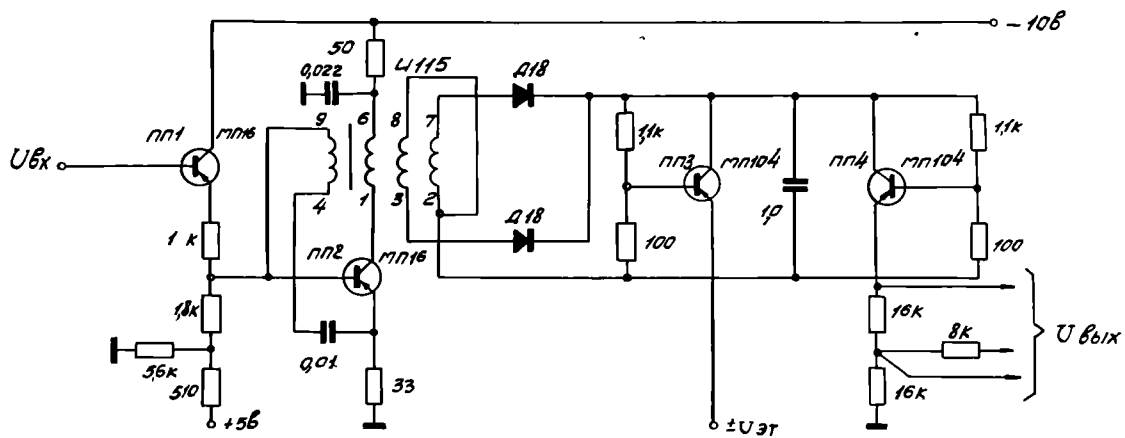


Рис 5.17 Принципиальная схема модуля КВ

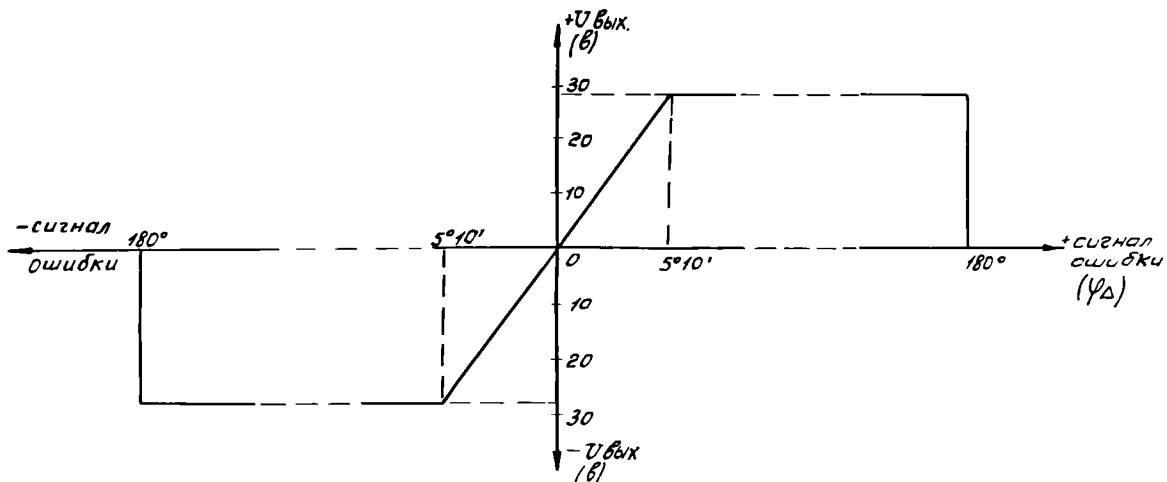


Рис. 5.18 Характеристика ПЦН $U_{\text{вых}} = f(\varphi_{\Delta})$

соответствующее весовое сопротивление через второй ключ будет подключено к "земле". Выходное напряжение ПЦН (при $R_H = \infty$) определяется по формуле:

$$U_{вых.} = \sum_{i=0}^{i=n-1} \frac{U_{эт}}{2^n} \alpha_i \cdot 2^i$$

где: n - число разрядов в исходном коде,
 α_i - цифра в разряде кода ("0" или "1")

Напряжение на нагрузке R_H определяется по формуле:

$$U_{нагр.} = U_{эт} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_H}}$$

где: R_i - выходное сопротивление ПЦН.

В ПЦН используются весовые сопротивления $R = 8$ ком и $2R = 16$ ком, следовательно $R_i = 8$ ком. При $R_H = 200$ ком максимальное выходное напряжение ПЦН составляет 28,5 в и крутизна изменения выходного напряжения равна $S = 5,36$ в/град. Характеристика ПЦН приведена на рис.5.18.

Работа устройства преобразования сигнала ошибки регламентируется импульсами, поступающими из синхронизатора обмена СПК, которые приводятся на рис.5.19.

"Л 40 $\Delta\beta$ " - импульс обнуления по $\Delta\beta$
 "Л 40 $\Delta\beta_1$ " - импульс обнуления по $\Delta\beta_1$; $\Delta\varepsilon_1$
 "Л 40 $\Delta\beta_2$ " - " - " - по $\Delta\beta_2$; $\Delta\varepsilon_2$
 "Л 40 $\Delta\beta_3$ " - " - " - по $\Delta\beta_3$; $\Delta\varepsilon_3$
 "У запись" - " - записи
 "У запрет" - " - запрета.

Каждому импульсу обнуления соответствуют свои импульсы в последовательностях импульсов записи и запрета.

Работа канала преобразования сигналов ошибки $\Delta\beta_1$; $\Delta\varepsilon_1$ производится в следующей последовательности (рис.5.15). Импульсы "Л 40 $\Delta\beta_1$ " (с частотой 17 гц) обнуляют регистры ПЦН данного канала и одновременно с помощью триггера селектора информации по β_1 ε_1 открывает вентиль

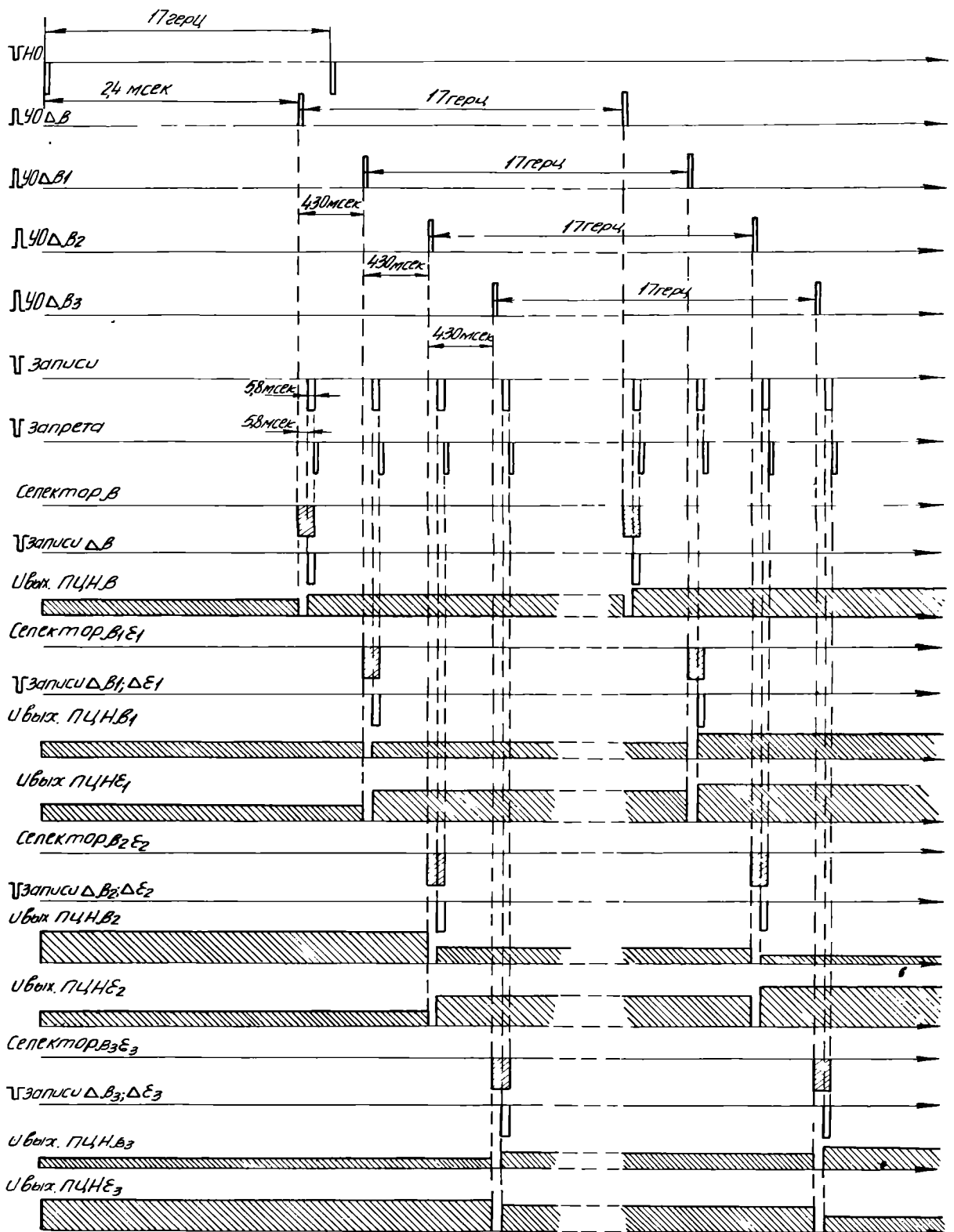


Рис. 5.19 Временная диаграмма работы устройства преобразования цифр в напряжение

самого селектора. Селектор информации из последовательности импульсов записи, поступающих на вентиль селектора, выбирает импульсы записи (с частотой 17Гц), соответствующие данным импульсам обнуления. С помощью полученных импульсов цифровая информация сигналов ошибки $\Delta\beta$ и $\Delta\varepsilon$, поступающая из синхронизатора обмена, через входные вентили ПЦН (рис.5.15) записывается в запоминающих регистрах ПЦН по β и ε , где и хранится в течение периода, соответствующего частоте обновления информации (17Гц).

После записи информации триггер селектора обнуляется импульсами запрета и закрывает вентиль селектора. Потенциалы плеч триггеров регистров служат сигналами управления электронными ключами ПЦН.

Работа остальных каналов устройства аналогична, но разнесена по времени. Импульсы „ЛЧО $\Delta\beta$ ” и цифровая информация $\Delta\beta$ поступают одновременно на основной и резервный селекторы ПЦН. Переключение на резерв производится с помощью реле, управляемого сигналами включения резерва. Для визуального контроля выходного напряжения преобразователей предусмотрен стрелочный прибор, поочередно подключаемый к выходам всех ПЦН, с помощью переключателя.

Устройство преобразования цифр в напряжение размещается в двух типовых блоках.

Типовые элементы, применяемые в цифропреобразующих устройствах, как например:

- B_n - вентиль совпадения (логический элемент „И”),
- $C\delta$ - сборка (логический элемент „ИЛИ”),
- $ИН$ - инвертор низкочастотный (логический элемент „НЕ”),
- $И$ - инвертор высокочастотный,
- $ИМ$ - инвертор мощный,
- $ПЭМ$ - повторитель эмиттерный мощный,
- $УТ$ - усилитель тока,
- $ФТ$ - формирователь импульсов тока,
- $КВ$ - ключ высоковольтный,
- $ЛЗ$ - линия задержки

подробно рассмотрены в разделе 3 книги 10 тома У.

5.7. Взаимодействие элементов силовых следящих систем

На схеме (рис.5.20) представлены основные элементы аппаратуры управления положением антенн, показаны их связи и коммутация, осуществляющая переход аппаратуры в различные режимы работы.

Наименование и типы блоков и шкафов, а также размещение их по кабинам (А50 и А52) указаны на схеме. В кабине А50 находится шкаф А50-У1, содержащий блоки:

- А50-У1-1 - блок запитки датчиков и формирования сигналов;
- А50-У1-2 - блок усилителей;
- А50-У1-3,4,5 - блоки аппаратуры пуска и защиты.

В кабине А52 располагается шкаф А52-У1, в котором находятся:

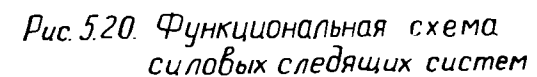
- А52-У1-1 - блок контроля;
- А52-У1-2 - блок ручного управления и коммутации;
- А52-У1-3,4 - блоки ПЦН;
- А52-У1-5,6 - блоки преобразователя кодов.

Электромашинные усилители для приводов антенн (шесть штук) устанавливаются в кабине А50, а ЭМУ-50А3 - на неподвижном основании кабины.

В режиме ВУ сигналы управления приводами антенн и поста из ЦВК по командам запроса поступают в прямом двоичном последовательном коде в синхронизатор обмена СПК. Из синхронизатора обмена они параллельным шестиразрядным кодом подаются на соответствующий вход ПЦН. С его выхода сигнал управления (сигнал ошибки) в виде напряжения постоянного тока поступает через контакты реле переключения режимов блока ручного управления и токосъемник в кабину А50 на вход усилителя следящего привода.

Во всех режимах работы СПК информация о положении антенн с датчиков в параллельном циклическом коде поступает в блок формирования сигналов. Из блока формирования сигналов импульсы поступают через

Сумма инфор- Δf



токосъемник в кабину А52 на блок преобразователей кода. Преобразованная в прямой параллельный код информация с датчиков поступает через синхронизатор обмена в ЦВК.

Переключения в режимы АУ и РУ производятся в блоке ручного управления. Предусмотрено ручное управление приводом кабины и приводами антенн по обеим плоскостям. Одновременно в режиме РУ могут работать приводы одной антенны или всех трех вместе. Перевод в этот режим приводов одной из 3-х антенн производится переключением сельсинов - датчиков β и ε , помещенных в блоке ручного управления. Одновременно с переключением в режим РУ привода каждой из антенн происходит переключение индикаторных сельсинов, осуществляющих индикацию положения соответствующей антенны.

5.8. Контроль аппаратуры

5.8.1. Контроль силовой части приводов. При проведении периодического (ПРК) и предстартового (ПСК) контроля проверяются динамические показатели следящих систем и правильность передачи информации о положении антенн.

Для оценки динамических показателей следящей системы в режиме ВУ из ЦВК дается рассогласование в 10^0 на все 6 приводов антенн. Оно должно быть отработано за время не более 3 сек. Измерение времени его отработки до ошибки $30'$ производится ЦВК.

Контроль работы следящей системы привода кабины осуществляется ЦВК в ходе отработки начального рассогласования. В случае отсутствия изменения рассогласования в сторону его уменьшения или при наличии ошибки больше допустимой ЦВК выдает команду на включение резерва (цифровых датчиков кабины, ПЦН кабины и усилителя следящего привода кабины).

В случае положительных результатов контроля выдается соответствующий сигнал исправности.

Проверка в режиме АУ производится совместно с приемными устрой-

ствами УНС с помощью имитационной аппаратуры.

В режиме регламентного контроля (РК) в силовой части каждого привода проверяется величина коэффициента усиления предварительного усилителя и параметры переходного процесса следящей системы в режиме РУ. Одинаковость крутизны измерительных элементов делает динамические показатели следящей системы аналогичными для всех режимов.

В процессе поиска неисправностей поочередно проверяются усилитель и динамические показатели следящей системы. На выходе контролируемого усилителя по стрелочному прибору определяется ток в обмотке управления ЭМУ. Динамические показатели проверяются по отработке рассогласования в 10^0 за 3 сек.

5.8.2. Контроль устройства определения угловых координат и устройства преобразования цифр в напряжение. Схема контроля этих устройств должна:

- осуществлять непрерывный контроль правильного прохождения и преобразования сигналов угловой информации;
- в случае возникновения неисправности автоматически осуществлять переключение на резерв;
- производить переключение на резерв блока цифровых датчиков и ПЦН антенного поста (в режиме ПСК);
- обеспечивать контроль устройств в режиме РК;
- обеспечивать индикацию включения резерва.

Непрерывный контроль аппаратуры формирования и преобразования цифровой информации производится в каждом цикле обмена информации (17Гц) в интервале времени свободном от основных операций.

Контроль осуществляется последовательно в 3 этапа:

- с помощью импульса „ГНО“, обнуляющего входной и выходной регистры преобразователя;
- с помощью импульса „Л 40 Δβ“, подаваемого на сборки формирователей импульсов всех разрядов одновременно;

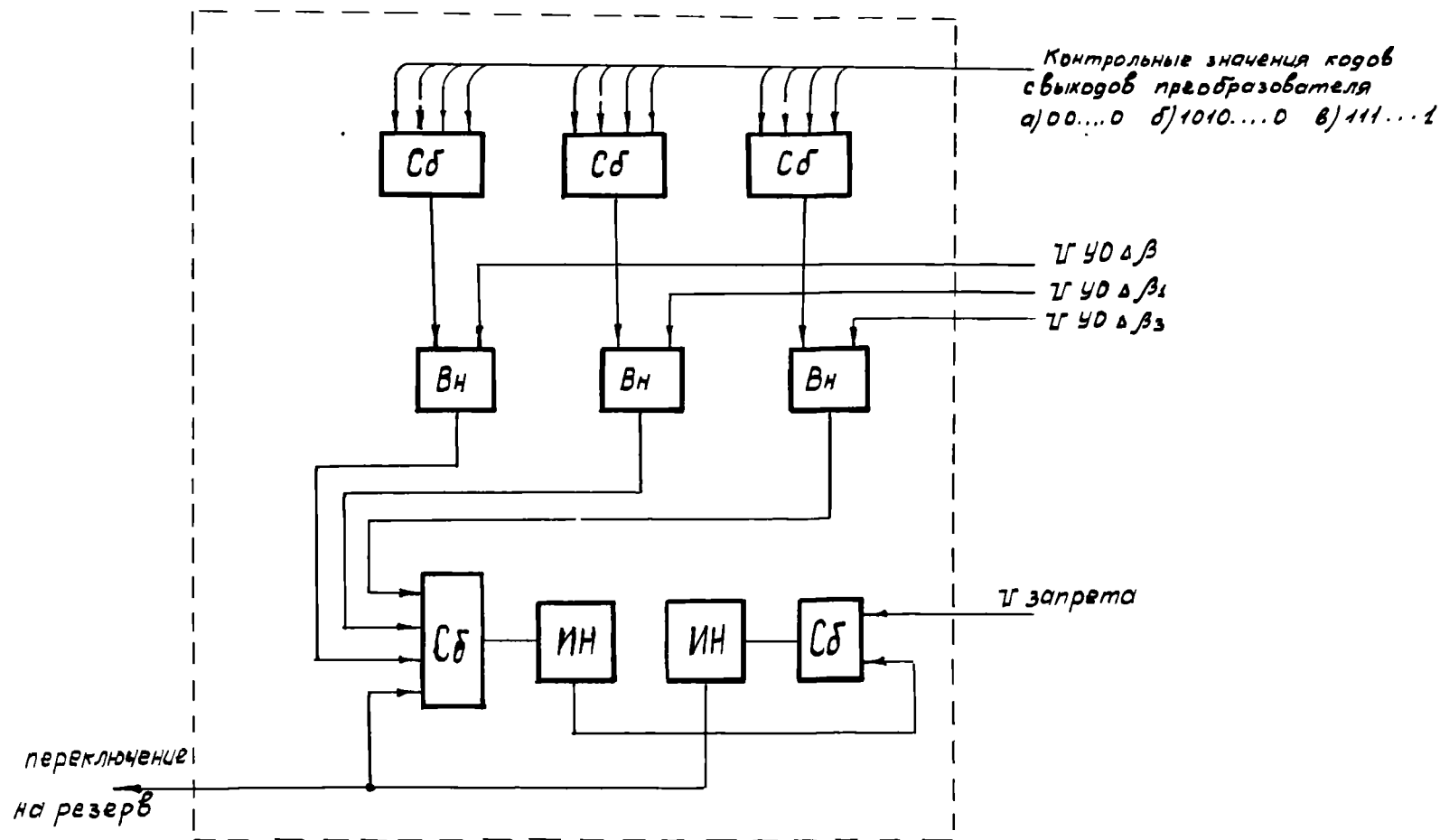


Рис. 5.21 Устройство формирования сигнала включения резерва

- с помощью импульса „ $\Delta \beta_2$ “, задержанного и подаваемого только на триггер старшего разряда преобразователя.

В каждом из перечисленных случаев выделенными импульсами записи производится преобразование контрольной информации. Результаты проверки во всех трех случаях фиксируются на выходе преобразователей кода при помощи вентиля, сборок и триггера контроля (рис.5.21). В случае неисправности триггер контроля выдает сигнал автоматического включения резервной аппаратуры.

В режиме РК проверяются:

- цифровые датчики, путем сравнения показаний индикаторных сельсинов и значений тех же координат на регистре визуального контроля синхронизатора обмена СПК;

- аппаратура устройства преобразования цифр в напряжение, для чего с синхронизатора обмена СПК на преобразователь каждой координаты поступают контрольные значения сигналов ошибки $\Delta_1 = \pm 2^\circ$ и $\Delta_2 = \pm 5^\circ$ и с помощью вольтметра по $U_{вх}$ ПЦН проверяются крутизна и линейность каждого преобразователя.

Контроль устройств в ПСК производится в замкнутом контуре управления системами приводов через ЦВК, когда проверяются общие динамические показатели следящих систем СПК.

5.9. Результаты макетирования

Результаты предварительного макетирования подтверждают выполнение требований к следящим системам.

При имитации на входе следящей системы привода антенн начального рассогласования в 8° и его нарастания при максимально возможных скоростях и ускорениях ракеты получена осциллограмма переходного процесса, показанная на рис.5.22. Переходный процесс для δ , ω и $i_{як}$ приведен в двух случаях: при согласном и встречном направлениях начального рассогласования со скоростью ракеты. Осциллограммы сняты при ограничении линейности выходной характеристики измерительного

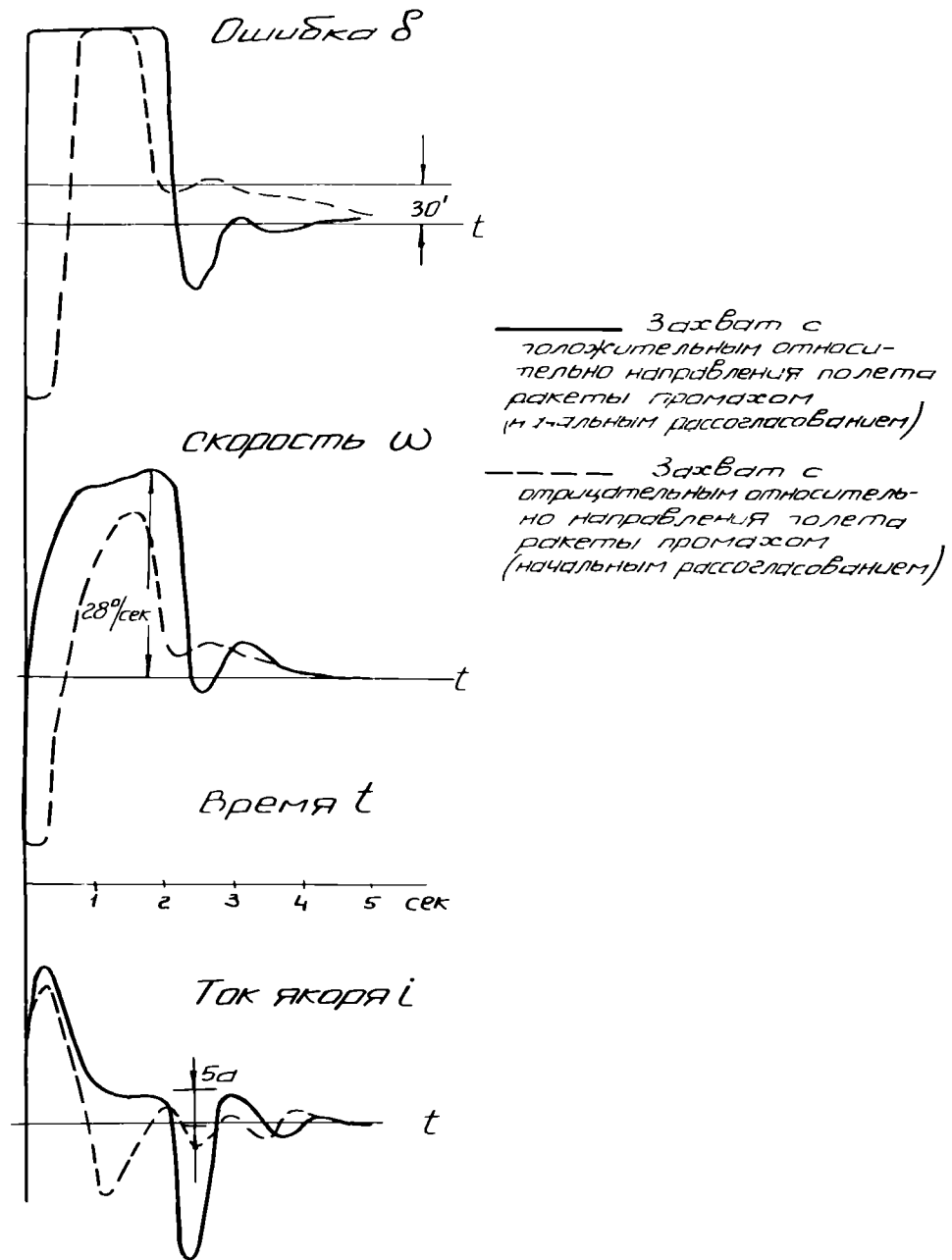


Рис. 5.22. Осциллограмма переходного процесса захвата следящей системой антенны.

элемента системы до 3-х градусов, что можно увидеть по характеру кривой ошибки.

Осциллограммы ошибки δ , угловой скорости ω и тока якоря $i_{як}$ исполнительного двигателя замкнутой по углу следящей системы привода кабины при перебросе на 12° и 40° показаны на рис.5.23.

При необходимости в ходе дальнейшей отработки применением нелинейных элементов в цепях корректирующих обратных связей приводов антенн и кабины могут быть сокращены времена переходных процессов за счет уменьшения величины перерегулирования.

Характеристика макета предварительного полупроводникового усилителя представлена на рис.5.24. Требовались источники питания 220в 400гц - 40ма и -30в - 8ма.

На лабораторных макетах были проверены также схемы питания датчиков ДК9-3, схемы формирования импульсов информации с датчиков и преобразователь кода. Результаты макетирования позволили выбрать: окончательный вариант структуры элементов схем питания датчиков и формирования импульсов информации с датчиков, которые приведены на рис.5.8., а также наиболее экономную структуру преобразователя кода.

В устройстве преобразования сигнала ошибки (Δ) были изготовлены и проверены лабораторные образцы ПЦН. Результаты макетирования подтвердили соответствие ПЦН предъявляемым требованиям.

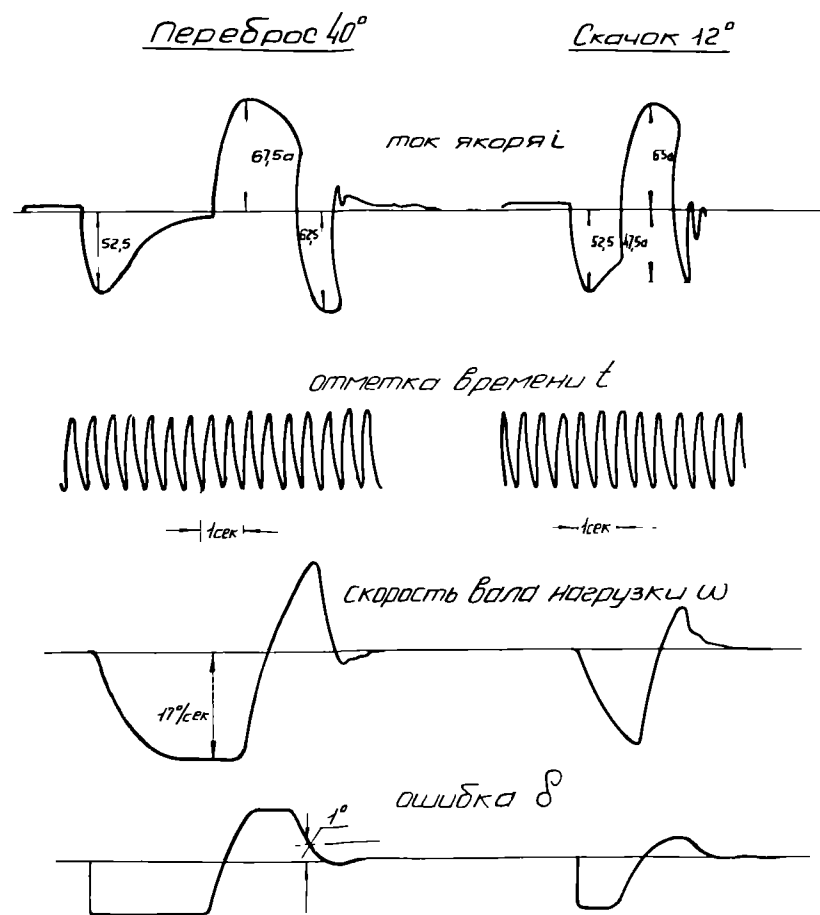


Рис. 5.23. Осциллограмма переходного процесса силовой следящей системы кабины.

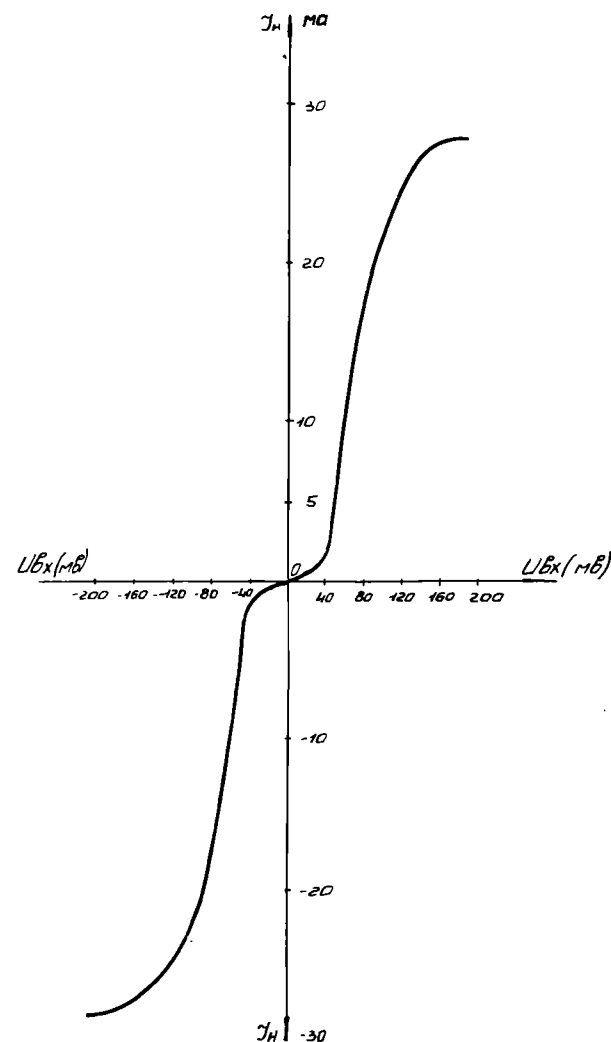


Рис. 5.24 Характеристика полупроводникового усилителя (ППУ).

Глава 6

СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СПК

6.1. Первичные источники электроснабжения.

Основными требованиями предъявляемыми к средствам электроснабжения (см. том I) являются: высокая надежность ($P_0 = 0,9999$ и

$K_r = 0,9999$), а также малое время готовности при переходе в дежурный и боевой режим работы. Кроме этого должна быть обеспечена высокая стабильность напряжений:

- при питании от внешней сети $\pm 5\%$,
- при питании от автономных ДЭС $\pm 2\%$,
- при питании радиотехнической аппаратуры от специальных преобразователей $\pm 2\%$.

Возможны два варианта электроснабжения огневого комплекса С-225 - централизованный, при котором все средства электроснабжения ОК устанавливаются на площадке РСН, и децентрализованный, при котором аппаратура СПК и СП имеют автономные источники электроснабжения.

Исходя из сравнения технико-экономических и качественных показателей принят, как основной, вариант децентрализованного электроснабжения ОК. В соответствии с этим электроснабжение СПК (и СП) осуществляется по схеме согласно рис. 6.1.

В состав средств электроснабжения СПК и СП входят:

- автономная ДЭС мощностью 500 квт, напряжением 400в частотой 50гц (кабина А71),
- распределительно-преобразовательная кабина А74,
- кабельная сеть - силовая, связи и управления,
- резервная ДЭС мощностью 500 квт (при отсутствии внешней сети).

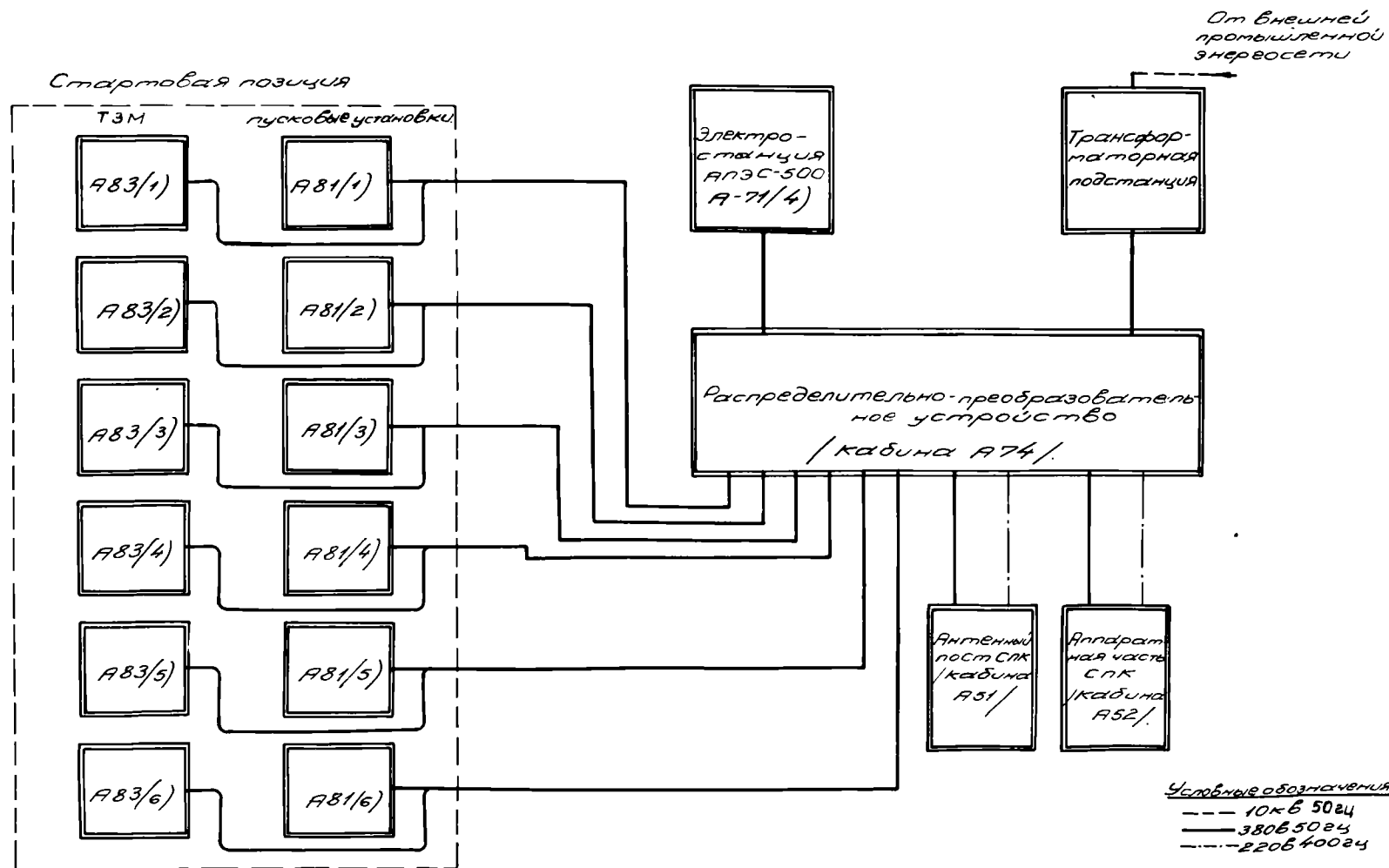


Рис. 6.1. Функциональная схема электроснабжения СПК и СП

При размещении ОК в местах с развитыми сетями промышленных энергосистем или в непосредственной близости к энергосистемам специальных объектов для электроснабжения СПК и СП устанавливается комплектная трансформаторная подстанция (КТП) мощностью 750кВА напряжением 10/0,4кВ при инженерной подготовке площадки ОК. Перечисленные средства электроснабжения СПК и СП размещаются в непосредственной близости от СПК (на общей площадке).

График нагрузок при работе СПК и СП в различных режимах указан на рис.6.2 и рис.6.3.

Из анализа приведенного графика автономная ДЭС и КТП при различных режимах работы СПК и СП (ПР, ДР и БР) имеют длительную загрузку в пределах 30-83% и кратковременную (в течение 1+2 сек) до 128% во время включения электромашинных преобразователей в кабине А74 и приводных электродвигателей на пусковых установках.

Указанная величина кратковременной перегрузки (28%) менее максимально допустимой для ДЭС, но является нежелательной, поэтому необходима дополнительная проработка вопроса по уменьшению пиковых нагрузок на пусковых установках.

В летнее время в режиме подогрева (ПР) электропотребление СПК и СП составляет порядка 5-25 кВт, что вызывает при отсутствии внешней сети необходимость осуществления питания аппаратуры от вспомогательной ДЭС АС-808 мощностью 320кВт, установленной на РСН. Питание производится по силовому кабелю, соединяющему распределительные кабины А72 (РСН) и А74 (СПК).

Электропитание СПК и СП в дежурном режиме, в котором потребляемая мощность составляет 10-30 кВт, должно, при отсутствии внешней сети осуществляться от собственной ДЭС, что пред"являет жесткие требования к ДЭС по длительной работе с малыми нагрузками. Мощность, потребляемая радиотехнической аппаратурой кабины А52 и антенного поста А51 в режиме БР составляет соответственно 16 и 28 кВт.

Для питания аппаратуры током повышенной частоты в соответствии с обоснованием выбора номиналов напряжения и частоты источников тока (см. том I книга 2) принимаются серийно выпускаемые промышленностью два электромашинных преобразователя частоты ПСЧ-30 мощностью 30 кВт каждый, напряжением 3х220В, частотой 400Гц.

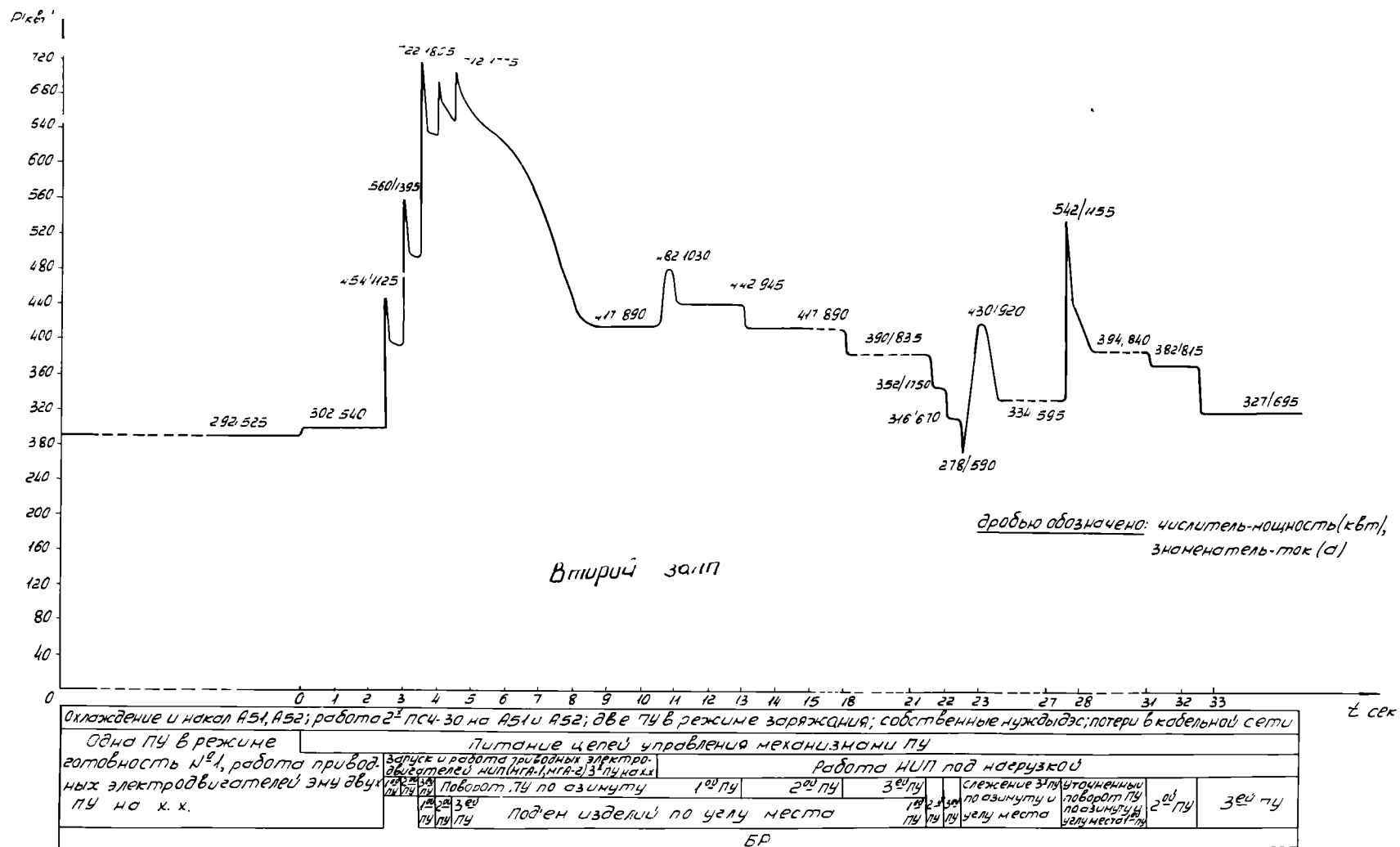


Рис. 6.3. График потребления электроэнергии СПК и СП.

В соответствии с требованиями к качеству электроэнергии для питания средств ОК, в том числе СПК и СП, выбранные первичные источники питания обеспечивают заданную стабильность напряжения и частоты:

$400 \pm 2\% \text{ в}$

Автономная ДЭС
АПЭС-500

$220 \pm 1\% \text{ в}$

преобразователь
частоты ПСЧ-30

$400 \pm 5\% \text{ в}$

КТП с трансформа-
тором ТМН-750

Электроснабжение кабины А52 и антенного поста А51 СПК осуществляется через распределительную кабину А74 по схеме, приведенной на рис.6.4. В этой кабине (КУНГ ПИОС на прицепе МАЗ-522В) размещены:

- шкафы с коммутационной и измерительной аппаратурой питания потребителей по цепям 50 и 400Гц,
- пульты дистанционного автоматического управления ДЭС,
- преобразователи частоты ПСЧ-30 с аппаратурой измерения и регулирования,
- блок дистанционного управления и сигнализации средствами электроснабжения из командного пункта ОК (кабина А41),
- аппаратура обеспечения собственных нужд кабины.

Режимы работы средств электроснабжения, схемное решение и выбор аппаратуры вытекают из основных требований - высокой степени надежности и малого времени готовности.

Вследствие этого в качестве первичных источников питания приняты автономные ДЭС и внешняя сеть, а при отсутствии внешней сети - основная и резервная автономные ДЭС. Для питания радиотехнической аппаратуры кабины А52 и антенного поста А51 применены три преобразователя частоты ПСЧ-30, из которых один является резервным. При выходе из строя одного из основных преобразовате-

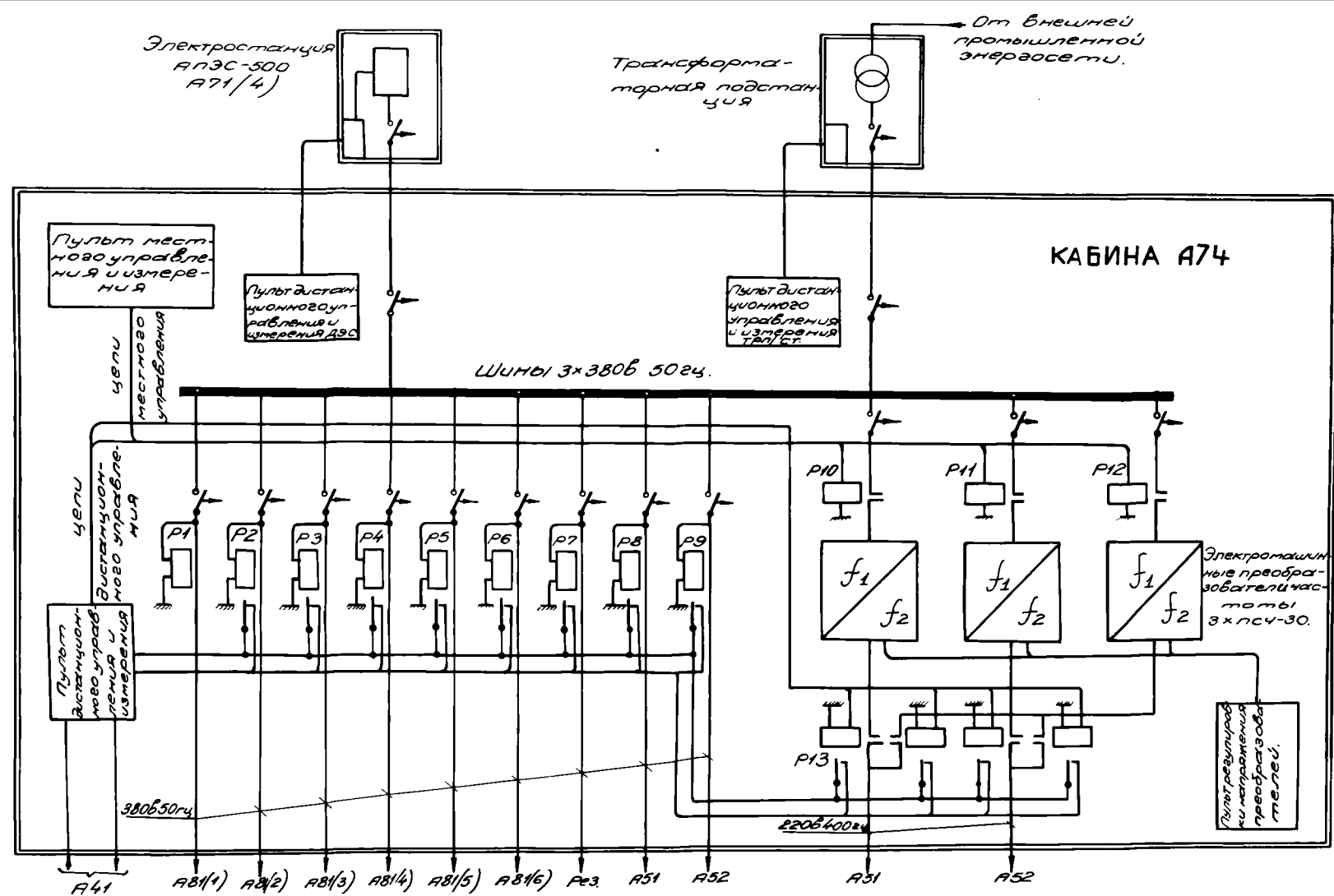


Рис. 6.4. Однолинейная схема электроснабжения СПК

лей схема кабины А74 позволяет произвести быстрый ввод в действие резервного преобразователя.

В кабине А74 для коммутации фидеров потребителей по напряжению 380 вольт выбраны установочные автоматы, обладающие большой разрывной способностью. Указанные автоматы фидеров при работе ОК постоянно находятся во включенном положении начиная с режима подогрева.

При наличии внешней сети питание аппаратуры СПК и СП в режимах ПР и ДР осуществляется от внешней сети. Учитывая малое время перехода из дежурного режима в боевой, начало боевого режима производится от внешней сети. Одновременно производится автоматический запуск и синхронизация ДЭС с внешней сетью за время не более 1,5 минут. После синхронизации по усмотрению командира ОК внешняя сеть может быть отключена. Аппаратура кабины А74, ДЭС и КТП обеспечивает перевод питания с сети на ДЭС и обратно без перерыва питания, а также обеспечивает устойчивость работы любого из источников при выходе из строя другого.

Включение средств электроснабжения СПК и СП в режимах ДР, БР осуществляется автоматически из КП ОК - (кабины А41). Дистанционное включение из кабины А41 может быть осуществлено после получения сигнала из кабины А74 о готовности к дистанционному включению.

Схема управления, связи и сигнализации средств электроснабжения СПК и СП с КП ОК приведена в книге 2 тома УШ проекта.

Питающие напряжения 3х380в 50гц и 3х220в 400гц из кабины А74 подаются по кабелям на разъемы входной коробки кабины А52 и антенного поста А51. Схема разводки цепей первичного питания в кабине А52 указана на рис.6.5, в антенном посту - на рис.6.6.

Блоки распределения первичного питания А52-01 и А51-01 предназначены для распределения и коммутации питающих напряжений по потребителям, преобразования напряжения 3х380в в напряжения переменного тока 220в, 155в, 26в и 26в постоянного тока, защиты указанных источников и потребителей от коротких замыканий и перегрузок, а также для коммутации цепей дежурного накала. Электрическая схема блока А52-01 в однолинейном исполнении представлена на рис.6.7, блока А51-01 - на рис.6.8.

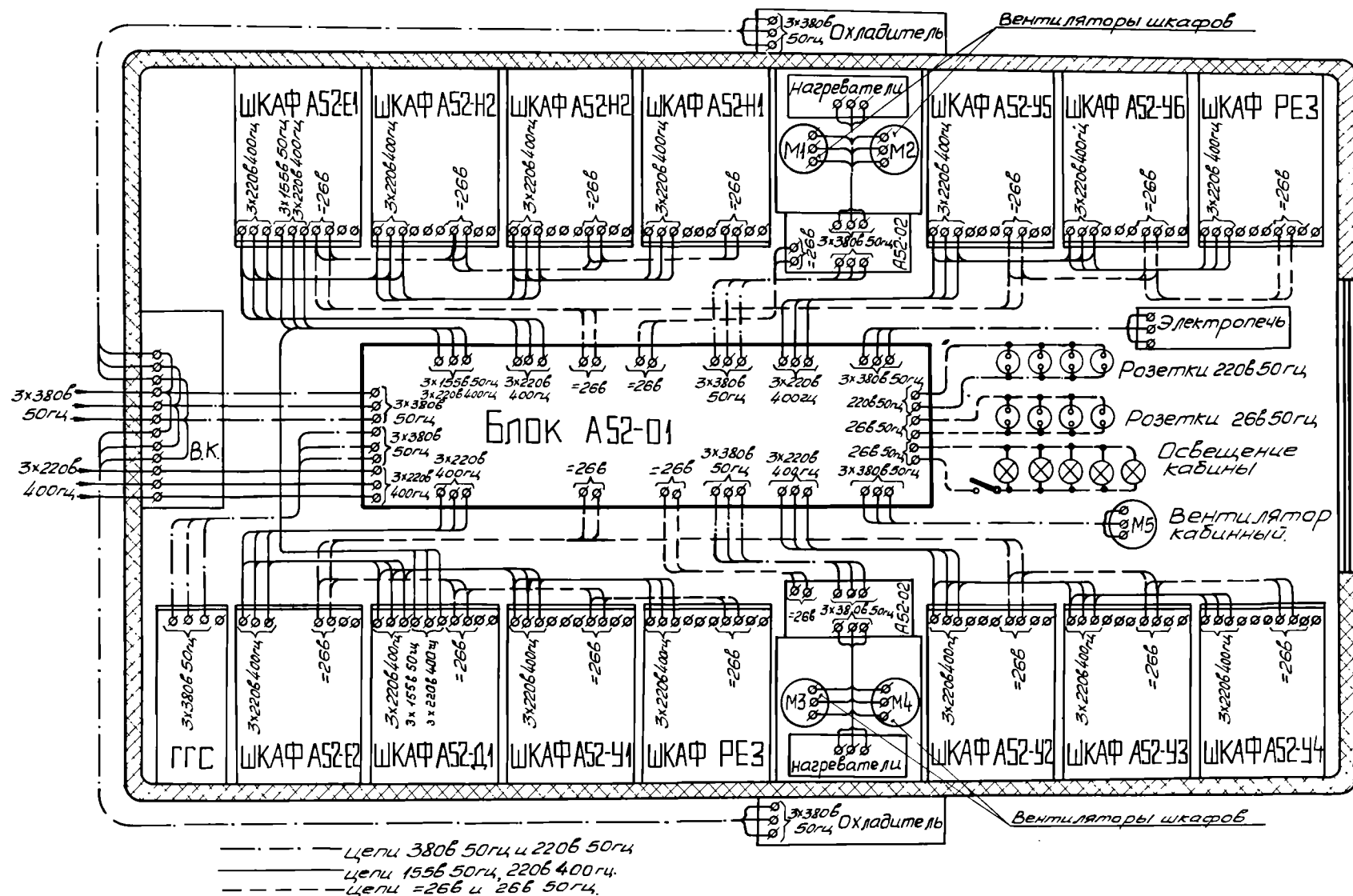


Рис. 6.5. Схема разводки первичного питания по кабине А52.

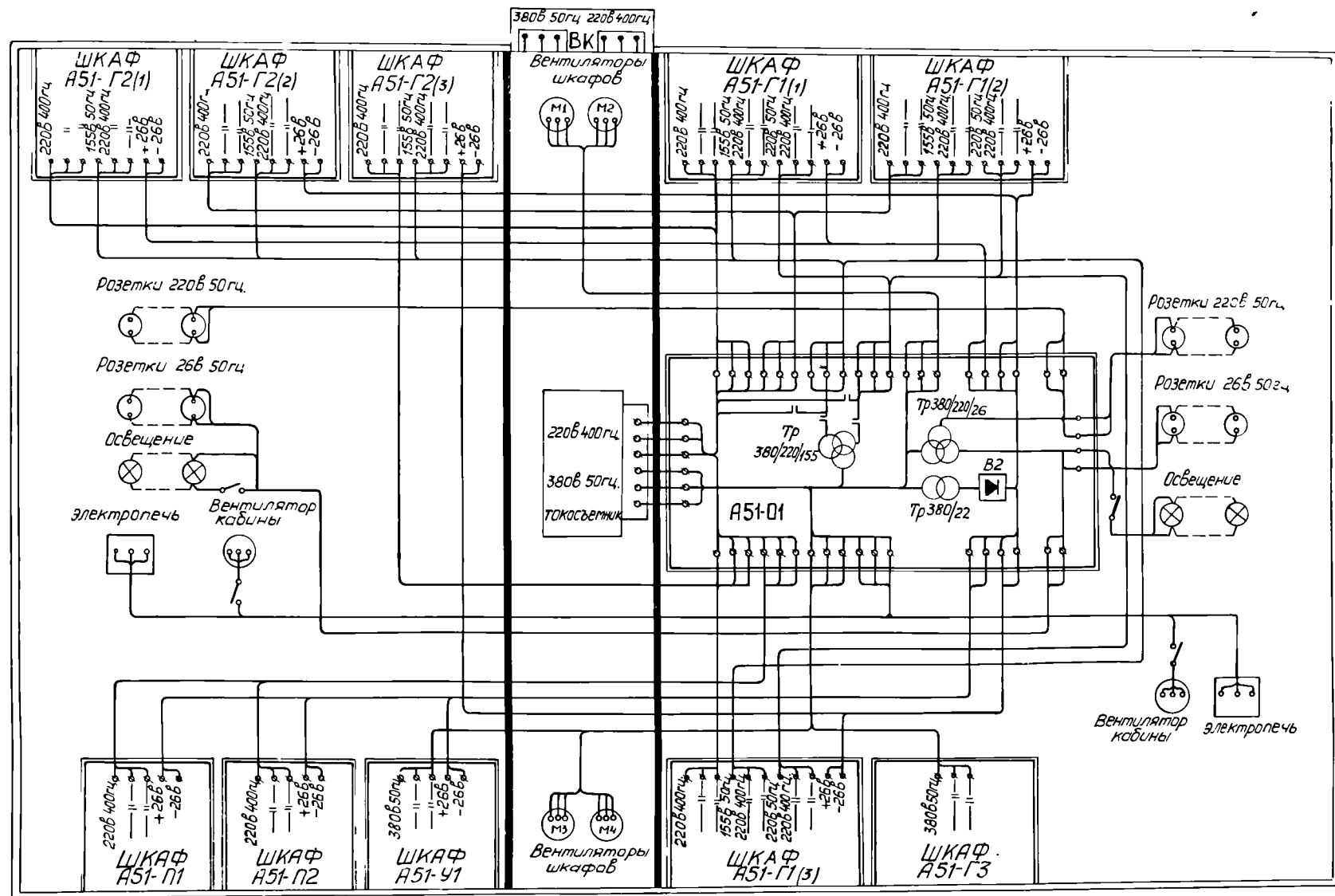


Рис. 6.6. Схема разводки первичного питания по кабине А51.

Блок А52-02 в кабине А52 предназначен для включения вентиляции, подогревателей шкафов, охладителя, сигнализации о работе этой аппаратуры и защиты ее цепей от перегрузок и коротких замыканий.

Однолинейная схема блока представлена на рис.6.9.

Электроэнергия от источников до потребителей передается по силовым шланговым кабелям типа СШТ, а управление, сигнализация и связь производится через шланговый кабель управления и связи.

Сечения силовых кабелей, выбранные в зависимости от проходящих по ним токов нагрузки, приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1.

| № пп | Потребители | Напряжение в | Потреб. ток а | Марка кабеля и сечение | Длина кабеля |
|------|-------------|---------------|---------------|------------------------|--------------|
| I | A7I-A74 | 380В 50Гц | 900 | СШТ-I5 (Iх95)+I(4х6) | 30 |
| 2 | КТП-A74 | -"- | 800 | СШТ-I2 (Iх95)+I(4х6) | " |
| 3 | A8I-A74 | -"- | 130 | СШТ-3 (Iх95)+I(4х6) | 250 |
| 4 | A8I-A74 | -"- | -"- | -"- | " |
| 5 | A8I-A74 | -"- | -"- | -"- | " |
| 6 | A8I-A74 | -"- | -"- | -"- | " |
| 7 | A8I-A74 | -"- | -"- | -"- | " |
| 8 | A8I-A74 | -"- | -"- | -"- | " |
| 9 | A5I-A74 | -"- | 90 | СШТ-3 (Iх95)+I(4х6) | 30 |
| 10 | A52-A74 | -"- | 50 | СШТ - 4х25 | 30 |
| 11 | A5I-A74 | 220В 400Гц | 75 | СШТ-3 (Iх95)+I(4х6) | 30 |
| 12 | A52-A74 | -"- | 40 | СШТ 4х16 | 30 |

6.2. Назначение и особенности построения вторичных источников питания.

Вторичные источники питания предназначены для обеспечения питанием функциональной аппаратуры. Они являются неотъемлемой частью функциональной аппаратуры и входят в ее состав.

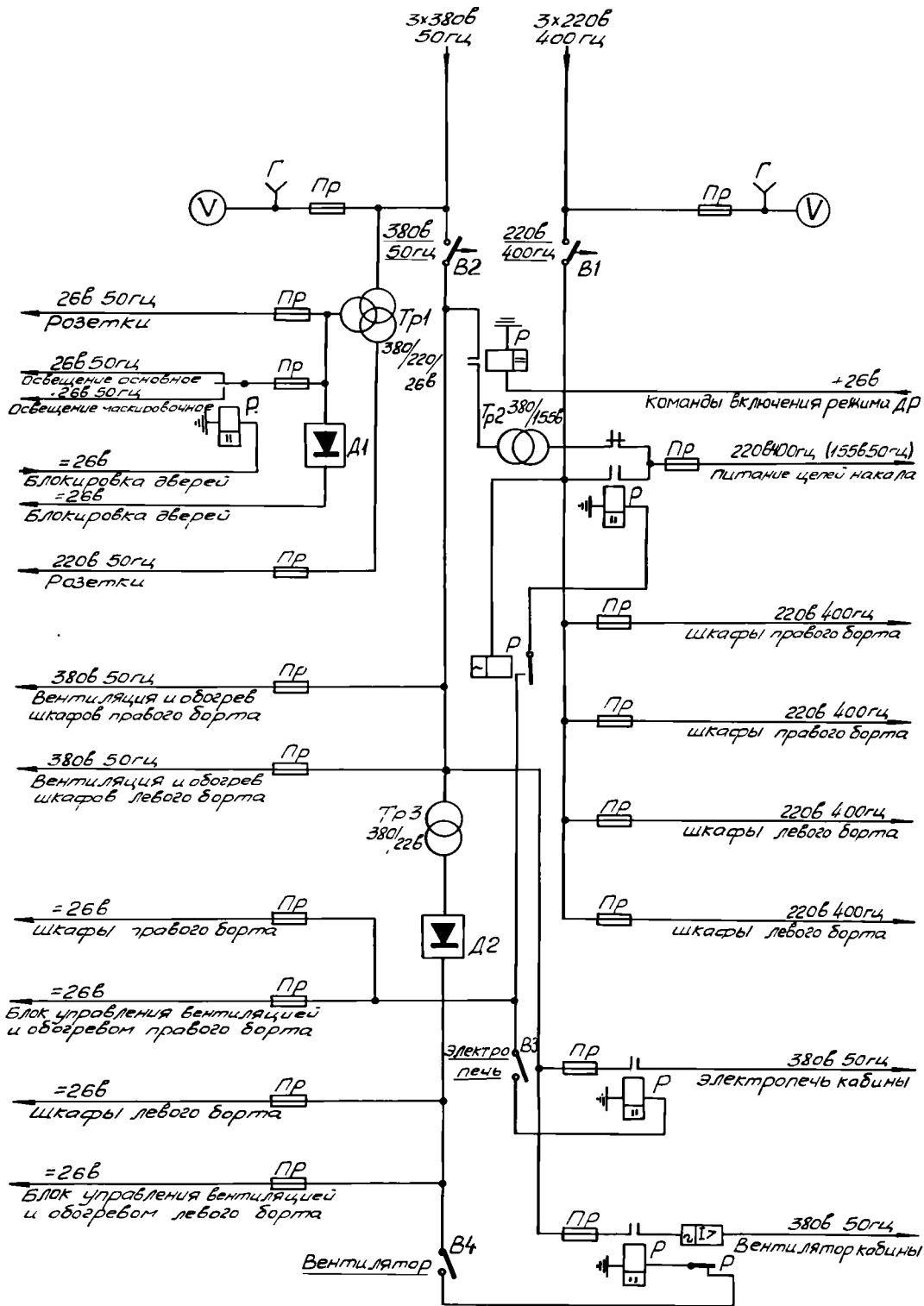


Рис. 6.7. Однолинейная схема блока первичного питания А52-01.

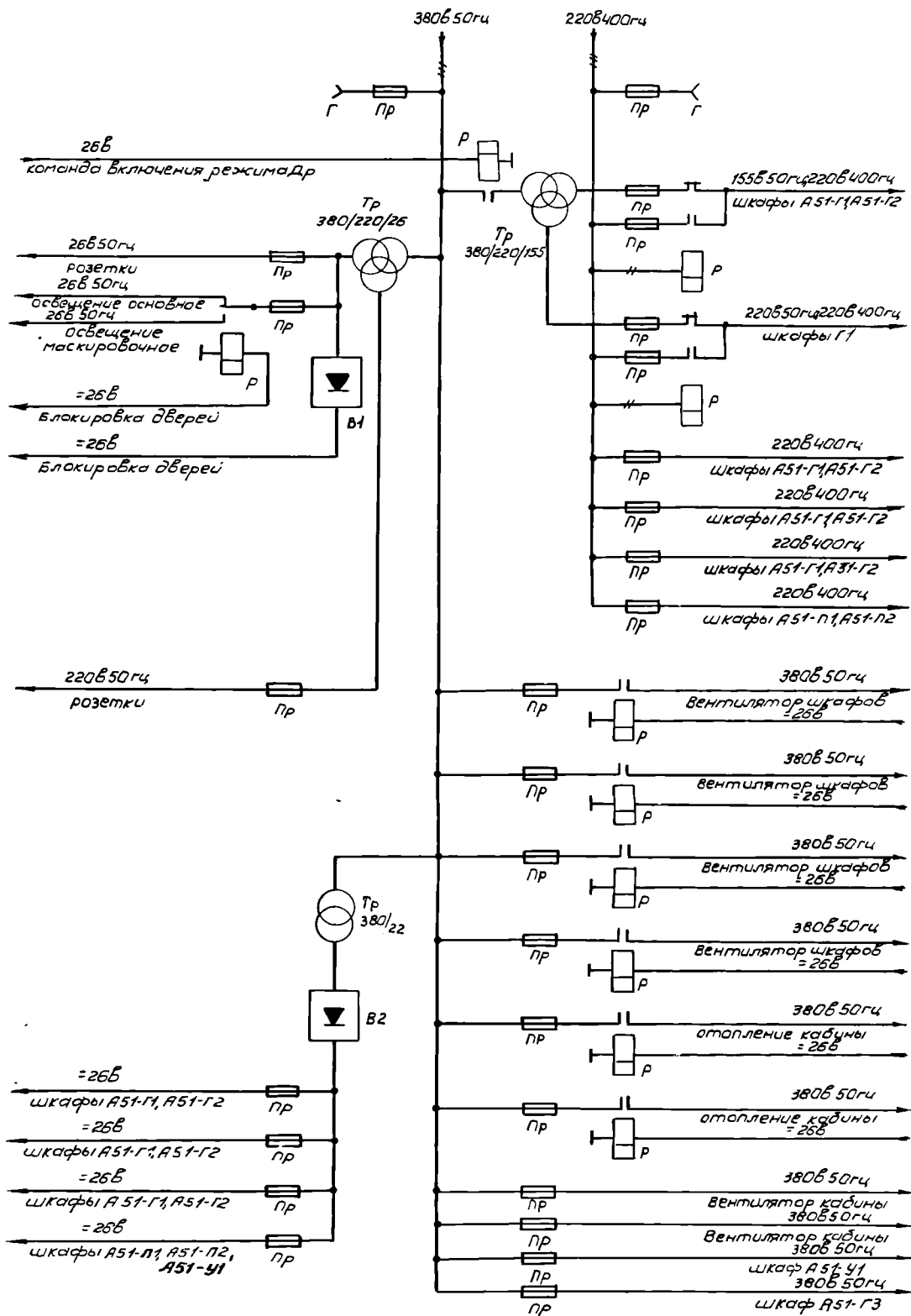


Рис. 6.8. Однолинейная схема блока первичного питания А51-01.

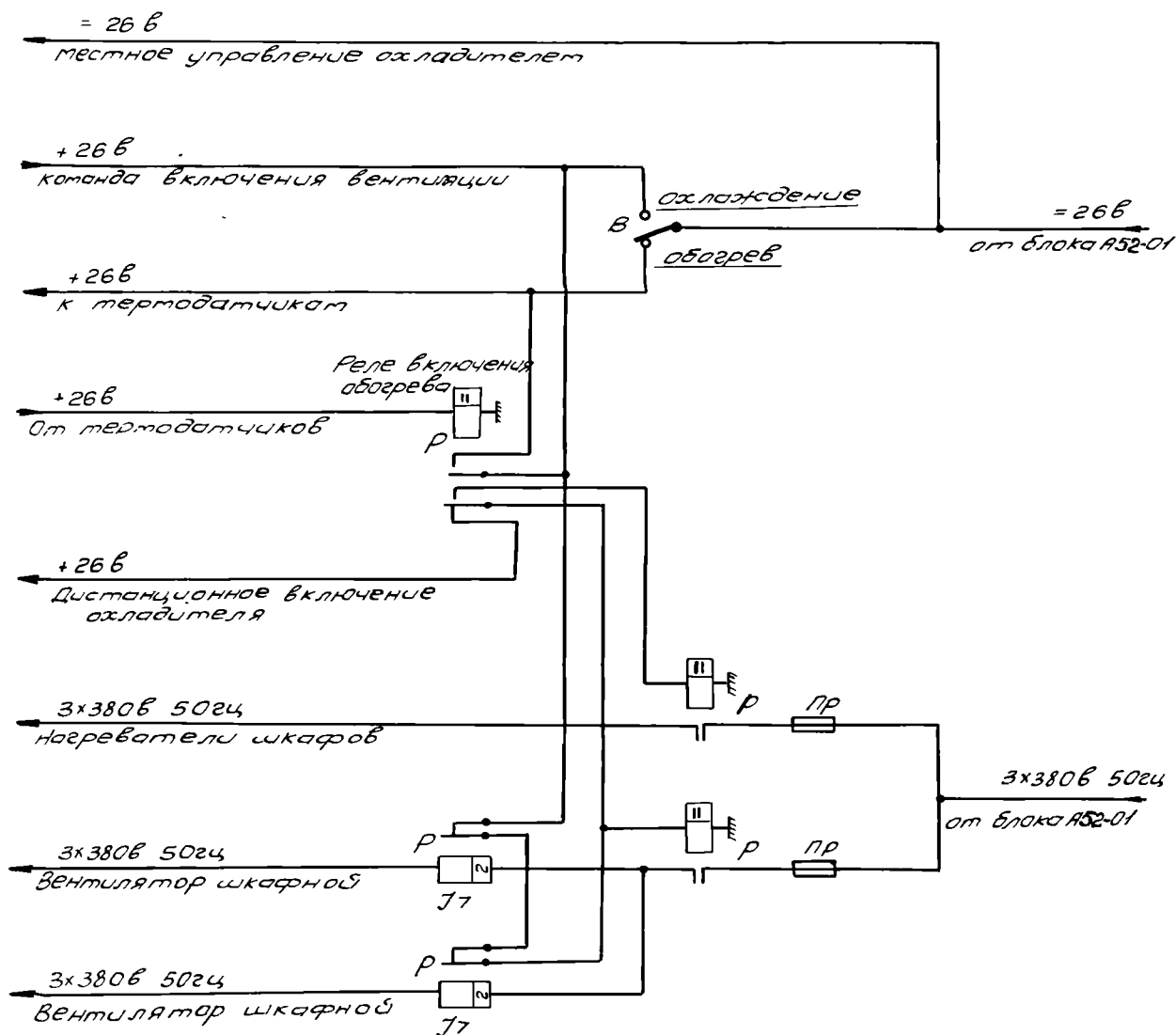


Рис. 6.9. Однолинейная схема блока включения вентиляции, нагревателей и охладителей А52-02

В связи с высокими требованиями предъявляемыми к параметрам СПК, подавляющее большинство питающих напряжений необходимо стабилизировать по напряжению или по току.

Вторичные источники питания должны иметь высокую надежность - на порядок выше, чем питаемая ими аппаратура.

Схемы вторичных источников должны быть просты и удобны для коммутации. Аппаратура со вторичными источниками должна быть компактна и удобна в эксплуатации.

Принцип построения всей аппаратуры СПК определяет и принцип построения вторичных источников питания. В связи с тем, что основная функциональная аппаратура конструктивно размещается в шкафах, то для каждого шкафа предусмотрено свое питание.

Для передающего устройства, являющегося основным потребителем мощности требуется большое количество источников питания разнообразных по номиналам напряжений. В каждом шкафу передающего устройства имеется несколько блоков питания, а для питания усилительного клистрона предусмотрен отдельный шкаф питания А50-Г2, в котором находятся мощный выпрямитель, дающий 8000в 0,5а, стабилизатор тока, предназначенный для питания катушки фокусирующего электромагнита клистрона и другие источники. Для питания координатных, приемных и др. устройств каждый шкаф в основном имеет по одному блоку питания, установленному в нижнем отсеке шкафа. Это дает возможность производить автономное включение шкафа при настройке и регулировке и при регламентных работах.

Значительная часть аппаратуры СПК выполнена на транзисторах с напряжением питания от 5 до 30в.

Аппаратура передающего устройства выполнена в основном на электровакуумных приборах с напряжениями питания от 120в и выше. Источники питания для нее выполнены также с применением электровакуумных приборов вследствие того, что при работе передающего устройства возникают кратковременные пробой в специальных электровакуумных приборах, приводящие к перенапряжениям.

Для обеспечения заданного времени готовности аппаратуры, выполненной на электровакуумных приборах, предусмотрен дежурный режим питания с пониженным напряжением накала, осуществляемый централизован-

но для СПК и РСН.

6.3. Схемы и элементы вторичных источников питания

Вторичные источники питания СПК разнообразны по выходным параметрам, а следовательно и схемное выполнение их различно.

Выпрямители независимо от выходного напряжения выполнены по трехфазной мостовой схеме. Эта схема дает возможность симметрично загружать сеть, уменьшает фильтр, позволяя в отдельных случаях ограничиваться одной емкостью, и применять вентили с меньшим допустимым обратным напряжением и средним током.

В качестве вентилях для выпрямителей низковольтных сильнотоковых применены кремниевые диоды Д214, Д215, Д231+Д233, а в выпрямителях для питания ламповой аппаратуры применяются кремниевые диоды Д237 и кремниевые столбы типа Д1004-Д1010. Кремниевые диоды и столбы имеют срок службы 5000 часов, широкий диапазон рабочих температур -60° - $+125^{\circ}\text{C}$, высокий КПД и малое внутреннее сопротивление.

Сглаживающие фильтры на выходе выпрямителей применяются "Г" и "П"-образные типа LC и RC.

Для большинства схем аппаратуры СПК требуются вторичные источники питания, стабилизированные по напряжению и току.

Стабилизация напряжения для питания передающего устройства на напряжения от 120в и выше осуществляется электронными стабилизаторами напряжения, выполненными на электронных лампах с однокаскадным и двухкаскадным усилителями по постоянному току.

В качестве регулирующих ламп применены лампы 6С41С, 6С19П-В, 6П14П-В, "Калитка". Усилители постоянного тока в схемах стабилизаторов напряжения выполнены на лампах 6Ж1П-Е, 6Н1П-Е. В качестве источника опорного напряжения применены стабилизаторы напряжения СТ1П-В, СТ20-Г. Лампы серий Е и В имеют повышенный срок службы и повышенную механическую прочность, а следовательно, как и полупроводниковые триоды и стабилитроны, обладают высокой надежностью.

В источниках питания для других устройств СПК, кроме передающего, стабилизация напряжения осуществляется стабилизаторами напряжения выполненными на полупроводниковых триодах. Для питания аппаратуры

устройств, выполненных на полупроводниках принята схема компенсационного стабилизатора напряжения последовательного типа, т.е. регулирующий элемент включен последовательно с нагрузкой.

Из имеющихся в настоящее время мощных триодов для работы в качестве регулирующих элементов наиболее подходят триоды типа П210, П210А с мощностью рассеивания 60вт и максимально допустимым током I_{0a} . Но и эти триоды в схемах стабилизаторов на большие токи включаются параллельно по несколько триодов.

Регулирующий элемент выполняется по схеме составного триода. Такая схема требует незначительной мощности управления и хорошо согласуется с усилителем постоянного тока на маломощном транзисторе.

В качестве источника опорного напряжения используются стабилитроны типа Д808 и Д813.

Для питания ламповой аппаратуры во всех устройствах, кроме передающего, применяются также стабилизаторы напряжения на 120в, 250в, выполненные на полупроводниковых элементах.

С целью уменьшения колебания напряжения на регулирующем элементе предусмотрена предварительная стабилизация напряжения до величины $\pm 1,5\%$ с помощью магнитного усилителя. Магнитный усилитель выполнен на тороидах из стали 50НП. В качестве опорного элемента лучшие результаты по статической стабильности в диапазоне температур $-40^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ дает стабилизатор напряжения СГ20Г.

Стабилизатор с магнитным усилителем устойчиво работает при колебании сети на $\pm 10\%$. При полном сбросе тока нагрузки до нуля и при всех климатических условиях он выдает напряжение с нестабильностью номинала не более $\pm 1\%$.

6.4. Управление, защита и контроль источников питания.

Включение источников питания СПК производится дистанционно с общего пульта управления. Предусмотрена возможность включения каждого из 3-х каналов СПК отдельно.

Включение источников питания передающего устройства производится в определенной последовательности по специальной программе, обус-

ловленной режимом работы клистронов.

Для включения остальных устройств СПК в блоке питания каждого шкафа имеется панель управления, обеспечивающая определенный порядок включения питающих напряжений на шкаф как при дистанционном включении, так и при местном включении в режиме РК. Описание типовой схемы панели включения приведено в разделе 8 книги I тома У.

В шкафах с аппаратурой, выполненной на лампах, в дежурном режиме подается на накалы ламп напряжение, равное 70% от номинального значения.

При включении всей аппаратуры СПК на накалы и на все выпрямители кроме выпрямителя 8000в подается полное напряжение сети 220в 400гц, в определенной последовательности.

Все низковольтные источники питания защищены от токов короткого замыкания плавкими предохранителями типа ВПИ-I, установленными на входе первичных обмоток трансформаторов. Предохранители ВПИ-I имеют малые габариты и обладают повышенной надежностью по сравнению с другими типами предохранителей.

Стабилизаторы напряжения, выполненные на полупроводниковых элементах имеют дополнительную защиту. Для ограничения тока короткого замыкания последовательно перед регулирующим триодом включается ограничительное сопротивление $0,1 \div 0,2$ ома. Для защиты регулирующих триодов от пробоя при коротком замыкании параллельно им включается мощный кремниевый стабилитрон Д815Ж в обратном направлении. При коротком замыкании стабилитрон фиксирует напряжение на регулирующем триоде на уровне 18в.

Мощные высоковольтные выпрямители имеют на входе трансформатора, кроме плавких предохранителей пробивные предохранители. Кроме того они имеют максимальную защиту, которая отключает контактор включения выпрямителя при токах в $1,5 \div 2$ раза превышающих номинальный ток.

Контроль за работой низковольтных источников питания осуществляется с помощью сигнальных ламп, работающих на погасание. Лампы включены на входе трансформаторов и на выходе стабилизаторов.

На передние панели блоков питания выведены контрольные гнезда для измерения выходного напряжения.

В блоках питания, предназначенных для питания полупроводниковой аппаратуры имеется возможность изменения питающих напряжений скачком на $\pm 10\%$ от номинального значения. Это используется для проверок аппаратуры (при регламентных работах).

У высоковольтных выпрямителей напряжения на выходе контролируются киловольтметрами, установленными на передних панелях.

Вторичные источники выполнены с учетом требований техники безопасности. При включении высокого напряжения загорается табло "Высокое включено". При открывании дверцы шкафа или выдвигании блока из шкафа, высоковольтные источники питания отключаются.

Глава 7.

АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ СПК

7.1. Особенности управления СПК

Управление работой СПК и контроль исправности устройств, входящих в СПК, производится как с пульта управления СПК, расположенного в шкафе А52-УІ (в кабине А52), так и частично в шкафах устройств.

Система управления и контроля СПК охватывает аппаратуру антенного поста А5І, аппаратной кабины А52 и средств электропитания (ДЭС А7І и распределительно-преобразовательной кабины А74) и входит составной частью в общую систему управления огневого комплекса. Система управления обеспечивает работу аппаратуры в режимах:

- ПР - подогрева,
- ДР - дежурном,
- БР - боевой работы;
- ПСК- предстартового контроля,
- ПРК- периодического контроля,
- РК - регламентного контроля.

В режиме ПР в СПК работает либо система охлаждения, либо система подогрева воздуха и система термостатирования резонаторов клистронов. Для их питания используется нестабилизированное напряжение 380в 50гц.

В режиме ДР по сравнению с режимом ПР дополнительно производится питание накалов электровакуумных приборов (ЭВП). Напряжение накала приёмно-усилительных ЭВП - пониженное (70% от номинала), а специальных ЭВП, например клистронов, полное.

В режиме БР аппаратура включается полностью. Режим ПСК предшествует режиму БР. Режимы ПРК и РК - вспомогательные.

В любом режиме работы на СПК подается питающее напряжение 380в 50гц, обеспечивающее работу громко-говорящей связи (ГГС) и выпрямителя, дающего +26в для управления и сигнализации.

Установка того или иного режима работы СПК возможна или из командного пункта (КП) огневого комплекса (дистанционное включение) или с пульта управления СПК (местное включение). В первом случае включение аппаратуры СПК и управление её работой происходят полностью автоматически, без участия персонала, обслуживающего СПК. Для обеспечения дистанционного включения переключатели режима включения во всех аппаратных шкафах ставятся в положение "Дист.вкл.". В случае, если они все поставлены в это положение, на КП дается сигнал готовности СПК к дистанционному включению.

Местное включение аппаратуры производится в основном в режиме РК, но возможно его применение и в других режимах. В этом случае переключатели режима включения ставятся в положение "Местн.вкл.". Включение первичного питания производится из кабины А74 по разрешению КП.

О включении того или иного режима работы СПК производится сигнализация на пультах управления в СПК и КП. Для этой цели используются табло: "ПР", "ДР" и т.д.

Установление режима ПР в СПК требует значительного времени, определяемого скоростью установления необходимой температуры в системе подогрева или охлаждения воздуха и в устройстве термостатирования резонаторов клистронов. При внешней температуре -50°C это время может достигать 2-х часов.

Переход из режима ПР в ДР занимает время не более 3 мин. Оно определяется временем разогрева катодов усилительных клистронов. Сигнал о переходе в ДР дается реле времени, находящемся в цепи питания накала клистронов.

Время перехода из режима ДР в БР определяется допустимой скоростью подъёма высокого напряжения питания усилительных клистронов, временем, потребным на проведение предстартового контроля, и скоростью работы привода антенного поста А51. Это время не более 22 сек.

Система управления позволяет автоматически переходить в режим БР из любого режима.

Режим РК используется для автономного контроля аппаратуры, поиска и устранения неисправностей. Включение аппаратуры при этом производится местными органами включения при условии подачи с КП сигнала +26в, разрешающего режим РК "РК разр.". Наличие этого сигнала индицируется соответствующим табло на пульте управления СПК.

В режиме РК возможно ручное управление приводами антенн и антенного поста. Для этой цели на пульте управления СПК имеются три штурвала. Один из них управляет положением поста по азимуту, а два других углом места и азимутом любой одной антенны по выбору оператора. Положение антенны и кабины показывается шкалами трёх сельсинов, также находящимися на пульте.

7.2. Контроль аппаратуры в режимах ПСК и БР.

ПСК проводится в процессе подготовки аппаратуры к боевой работе. Его назначение - определить пригодные для работы ракетные каналы СПК и, в случае необходимости, заменить неисправную аппаратуру резервной. Благодаря этому в боевую работу включается только исправная аппаратура.

ПСК начинается с момента готовности отдельных устройств СПК и проводится полностью автоматически. Результатом ПСК являются сигналы исправности, подаваемые в ЦВК.

ПСК проводится в два этапа. На первом этапе осуществляется проверка только аппаратуры СПК, а на втором этапе выполняются предстартовые подстройки и одновременно контроль некоторых устройств СПК и части бортовой аппаратуры. Первый этап заканчивается через 15 сек. после подачи на СПК команды "БР".

Необходимость проведения ПСК с минимальной затратой времени требует параллельного контроля различных устройств, тремя такими параллельными ветвями являются: передающая часть СПК, УНС и приводные устройства.

Контроль передающей части производится по правильности передачи информации. Для этой цели в режиме ПСК цифровым вычислительным комплексом формируется специальная программа изменения команд, охватывающая все их возможные значения.

С момента подачи сигнала БР начинается включение всей аппаратуры. Однако выход её на рабочие режимы происходит неодновременно: сначала полупроводниковая аппаратура, затем ламповая и самой последней - мощная часть передатчика. Примерно в такой же последовательности ведется контроль,

Первые 3 сек после начала включения занимает установление рабочего режима в преобразователях напряжения в А74. Затем в течение около 2,5 сек производится автономный контроль ЦВК. Одновременно с этим за время 2 сек в автономном режиме проверяется синхронизатор обмена и в случае неисправности его основного комплекта включается резервный. При включении резерва дается сигнал на пульт управления СПК (табло "Рез.СО"). Аналогичный сигнал дается в цепь "Рез.СПК" для сигнализации на КП.

При контроле синхронизатора обмена критерием неисправности является количество сбоев управляющих сигналов. Неисправность отмечается, если число сбоев превышает 4 за 2 сек непрерывной работы. Сбоем считается изменение количества выдаваемых сигналов управления на единицу за цикл обмена. Кроме контроля управляющих сигналов в синхронизаторе обмена информация контролируется по модулю 3. Контроль синхронизатора обмена производится непрерывно. Переход на резерв возможен и при боевой работе.

Контроль синхронизатора обмена, даже в случае включения резерва с последующим его контролем, оканчивается через 7 сек после подачи сигнала БР. С 8 сек от ЦВК начинает поступать вырабатываемая по специальной программе информация для контроля работы шифраторов СПК. При этом во всех разрядах команд поочередно передаются значения 0 и 1. Узел контроля передаваемой информации производит сопоставление информации на входе и выходе шифратора и регистрирует наличие ошибок. Передачей контрольного значения КЗ (см. раздел 1.7 книги 2) определяется точность ее преобразования в аппаратуре.

Контроль в шифраторе каждого ракетного канала производится параллельно и независимо. Критерием неисправности является количество ошибок, превышающее 4 за 2 сек. При этом дается сигнал на переднюю панель блока контроля, на пульт управления СПК и в цепь исправности данного канала.

Контроль шифратора производится непрерывно до момента готовности передатчика. Подъем высокого напряжения на оконечном клистроне продолжается 10 сек и заканчивается только к началу 14 сек (после подачи сигнала БР). В течение этого времени усилитель сигнала "подставки" находится в запертом состоянии и этот сигнал не поступает на смесительный клистрон.

Начиная с 14 сек по сигналу "Излучение" с ЦВК усилитель открывается и на выходе передатчика образуется сигнал на несущей частоте с полным уровнем мощности. Команда "Излучение" дается отдельно по каналам и в зависимости от требуемого временного графика работы огневого комплекса может быть дана позже.

Выходной сигнал передатчика при этом направляется во вспомогательную антенну, а на вход узла контроля передаваемой информации, работавшего до этого по выходному сигналу шифратора, дается сигнал с контрольного устройства передатчика. Он образуется путем демодуляции выходного сигнала передатчика. По результатам прохождения контрольной программы изменения команд через всю передающую часть СПК к началу 16-й секунды дается сигнал исправности передающей части отдельно по каналам. Сигнал направляется через синхронизатор обмена в ЦВК в цифровой форме в составе слов СМ 21 - СМ 23. Тем самым заканчивается первый этап ПСК в передающей части.

Параллельно с проверкой передающей части проверяются приёмные устройства УНС. С момента установления в приёмниках рабочих режимов, включаются шумовые диодные генераторы, находящиеся в в.ч. тракте приёмников. По наличию шумовых напряжений определенного уровня на выходе приемников, формируются сигналы их исправности. Сигналы подаются на пульт управления и в ЦВК, такой контроль продолжается до начала боевой работы.

Проверка работы устройства подстройки частоты передатчиков и устройства определения дальности ракеты производится на втором этапе ПСК, на проведение которого требуется около 2 сек, т.е. он может быть окончен к началу 17-й секунды. На этом этапе производится поиск и переход на сопровождение в устройстве подстройки частоты и захват сигналов ответчика на нулевой дальности (в случае, если готова к работе бортовая аппаратура). Сигналы захвата используются как сигналы исправности аппаратуры, и обеспечивают формирование информации об исправности каналов СПК, передаваемой в ЦВК, а также индицируются на пульте управления.

Приводное устройство антенного поста СПК проверяется в ходе отработки угла начального его переброса. Контроль осуществляет ЦВК. В случае неправильной отработки, по сигналу из ЦВК включаются резервные элементы этого привода.

Для проверки приводных устройств антенн на них из ЦВК на 5-й секунде дается толчок амплитудой 10^0 . Направление толчка задается в соответствии с направлением последующего переброса каждой антенны. По результатам его отработки за 3 сек, ЦВК определяет исправность приводных устройств, о чем дается сигнализация на пульт управления СПК. Результаты контроля используются также для формирования поканальных сигналов исправности СПК.

Предстартовый контроль в СПК позволяет выявить работоспособность всех устройств СПК и к началу 17 сек дать поканальную информацию в ЦВК об исправности СПК.

В процессе боевой работы непрерывно функционирует контроль передающей части СПК. Остальные устройства контролируются ЦВК непосредственно по результатам работы.

Информация о результатах контроля из СПК в ЦВК и обратно передается в цифровой форме через синхронизатор обмена. Сигналы об исправности устройств СПК komponуются в три слова См 21 (для I канала) См 22 и См 23 (для II и III каналов). В каждом слове разряды распределены следующим образом:

- 1+3 разряды - исправность передающей части (при исправности - III),
- 4+6 разряды - признак контроля (000, если контроль работает по выходу шифратора и III - если по выходу контрольного устройства передатчика),
- 7+9 разряды - исправность приемника,
- 10+12 разряды - исправность устройства подстройки передатчика.

Информация из ЦВК передается также в виде трёх слов См 41 - См 43 (каждое слово для одного канала). Одно слово содержит сигналы:

- 1-3 разряды - команда "Излучение",
- 4-6 разряды - команда "Пуск";
- 7-9 разряды - сигнал "Канал готов",
- 10-12 разряды - команда включения резерва в приводе поста,
- 16-18 разряды - команда "Возврат",
- 19-21 разряды - команда "Управление".

Использование трёх разрядов для передачи каждого сигнала позволяет получить высокую надёжность передачи.

Команда "Излучение" производит включение сигнала "подставки" на вход смесительного клистрона. Команда "Пуск" переводит устройство подстройки передатчика в режим памяти и на время наведения отключает блокировки в передающем устройстве. Команда "Возврат" отменяет команду "Пуск". По команде "Управление" производится переключение передающей антенны СПК с широкого на узкий луч, что необходимо только после того, как ракета захвачена на сопровождение и управляется.

7.3. Работа СПК в режимах ПРК и РК.

Включение режима ПРК в СПК производится по команде из КП. Наличие этого режима индицируется специальным табло на пульте СПК. До команды "Излучение" включение и контроль СПК производится так же, как и в режиме ПСК.

Если при этом одновременно не проводится ПРК бортовой аппаратуры, то контроль передающей части СПК осуществляется по выходному сигналу смесительного клистрона. Усилительный клистрон проверяется путем контроля его режима работы (по постоянному току).

Устройство определения дальности проверяется совместно с приемником по сигналу имитационной аппаратуры УНС. При этом производится захват и сопровождение движущегося и затем останавливающегося импульса. Тем самым проверяются динамические и точностные характеристики устройства определения дальности.

При одновременном проведении ПРК бортовой аппаратуры второй этап ПСК выполняется так же, как и перед БР, с тем отличием, что сигнал передатчика с пониженным уровнем излучается через антенну узкого луча в сторону пусковой установки.

Особенностью режима РК является возможность автономного включения СПК и проведения проверочных и ремонтных работ. Это обеспечивается наличием контрольной и имитационной аппаратуры, а также стандартных измерительных приборов.

Для контроля цифровых устройств используется контрольная программа, наборное устройство и регистр визуального контроля в синхронизаторе обмена. С их помощью может быть проверено прохождение любого слова информации.

Основные регистры и счётчики имеют индикаторные лампочки, расположенные на передних панелях блоков и соединенные с их разрядами.

Режимы основных каскадов передатчика индицируются измерительными приборами на индикаторных панелях шкафа.

Эта индикация облегчает проведение регламентных и ремонтных работ. Поиск неисправностей производится только в режиме РК.

В цифровых устройствах он выполняется полуавтоматически. Устройства контроля аппаратуры позволяют найти место неисправности с точностью до устройства, блока или узла. Затем оператор уже вручную определяет неисправный элемент. Для облегчения и ускорения его работы служат стрелочные приборы, индикаторные лампочки, генераторы одиночных импульсов и контрольные гнезда в блоках, с которыми соединены выходы и входы отдельных узлов аппаратуры.

Глава 8

КОНСТРУКЦИЯ СПК

8.1. Обоснование конструктивного выполнения СПК

В состав СПК входят антенный пост А51 и аппаратная кабина А52. Аппаратура антенного поста (всех трех каналов) размещена на кабине типа КА-100, что дает возможность сократить количество транспортных единиц СПК. Аппаратура кабины А52 размещена в полуприцепе "828" Одесского автосборочного завода, который является в настоящее время унифицированным средством для размещения военной радиотехнической аппаратуры. Кабина КА-100 и полуприцеп "828" использовались в системе-200 и показали удовлетворительные эксплуатационные качества.

Конструктивное выполнение антенного поста А51 и аппаратной кабины А52 удовлетворяет эксплуатационным требованиям ТТЗ на систему, а именно:

- длительность эксплуатации (не менее 10 тыс. часов на протяжении 10 лет с гарантированным ресурсом работы 5 тыс. часов и гарантированным сроком службы 5 лет);

- работоспособность в интервале температур от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 98% (при $+35^{\circ}\text{C}$);

- прочность и устойчивость при воздействии ветра со скоростью до 50 м/сек., работоспособность при ветре 30 м/сек. и возможность выдерживать ветер до 60 м/сек. (ураган) при условии специального закрепления;

- транспортабельность и быстрота развертывания элементов СПК на позиции;

- прочность и работоспособность в условиях воздействия ядерного взрыва с избыточным давлением во фронте падающей ударной волны $\Delta P_{\varphi} = 0,05 \text{ кг/см}^2$ и интенсивностью светового излучения до 16 ккал/см^2 ;
- обеспечение возможности дегазации, дезактивации, дезинфекции, а также защиты от грызунов и биологических вредителей;
- обеспечение уровня акустических шумов в аппаратных кабинах не выше 86 дБ.

8.2. Антенный пост СПК

Антенный пост А51 включает в себя следующие элементы:

- Антенную головку 3 шт.
- Всенаправленную антенну 3 шт.
- Переключатель 3 шт.
- Кабину с аппаратурой, в состав которой входят:
 - а) шкаф передатчика А50-Г1 3 шт.
 - б) шкаф термостатирования и охлаждения А50-Г3 1 шт.
 - в) шкаф питания передатчика А50-Г2 3 шт.
 - г) шкаф А50-П2, в котором размещены усилители, АРУ и т.д. 1 шт.
 - д) шкаф управления силовой частью приводов А50-У1 1 шт.
 - е) шкаф гетеродинов и контроля А50-П 1 шт.
 - ж) азимутальный привод кабины 1 шт.
 - з) токосъемник 1 шт.
 - и) вентиляция
 - к) подъемное устройство 1 шт.
- Прицеп для перевозки антенных устройств 1 шт.
- Волноводные тракты

Антенный пост СПК содержит 3 однотипных комплекта аппаратуры, по числу ракетных каналов, обслуживаемых СПК. В аппаратуру каждого

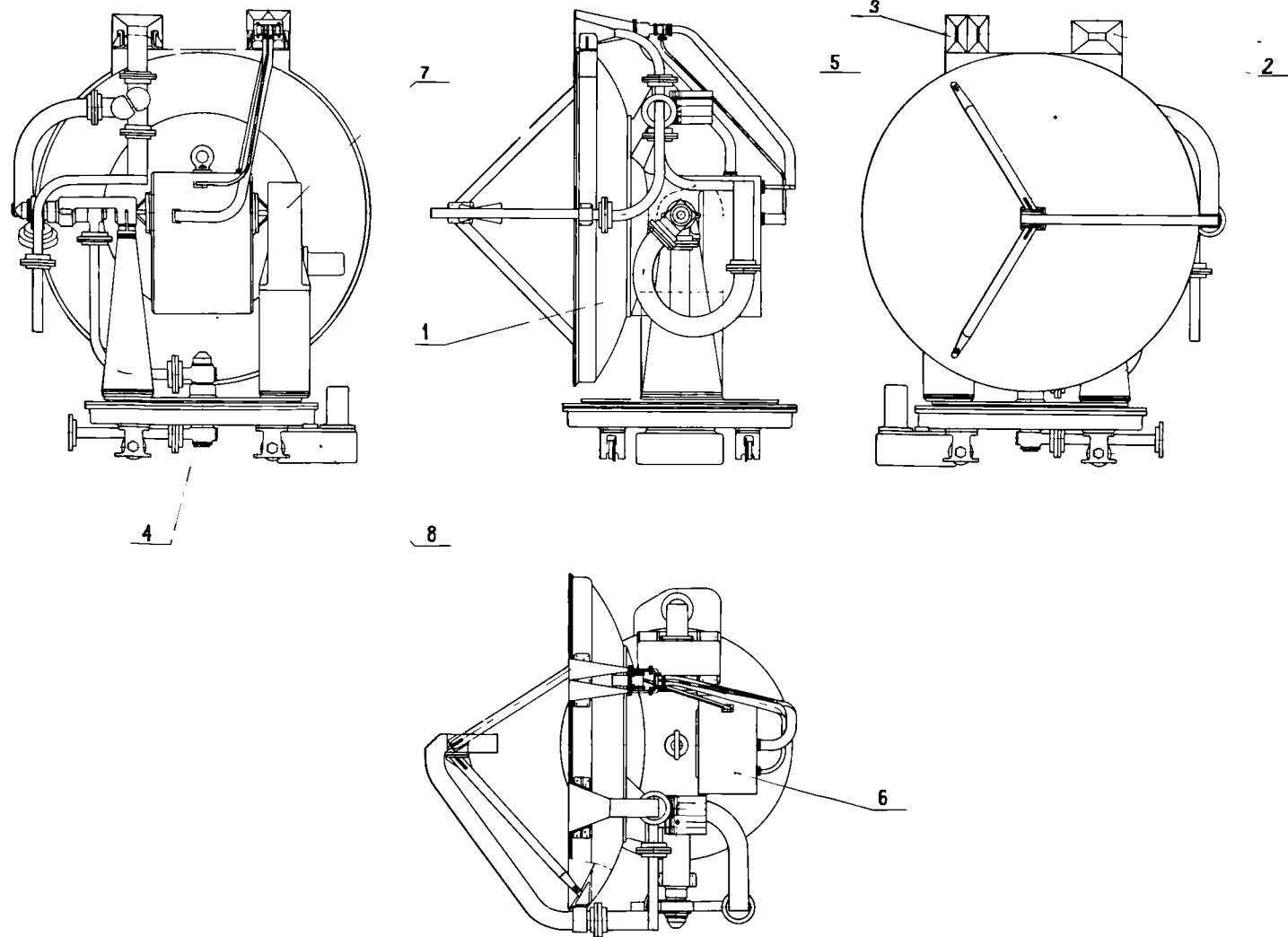


Рис. 8.1. Антенная головка СПК

1- параболическая передающая антенна; 2- рупорная передающая антенна; 3- приемная антенна с суммирующим устройством; 4- поворотное сочленение; 5- быстродействующий переключатель; 6- приемник; 7- привод угломестный; 8- привод азимутальный.

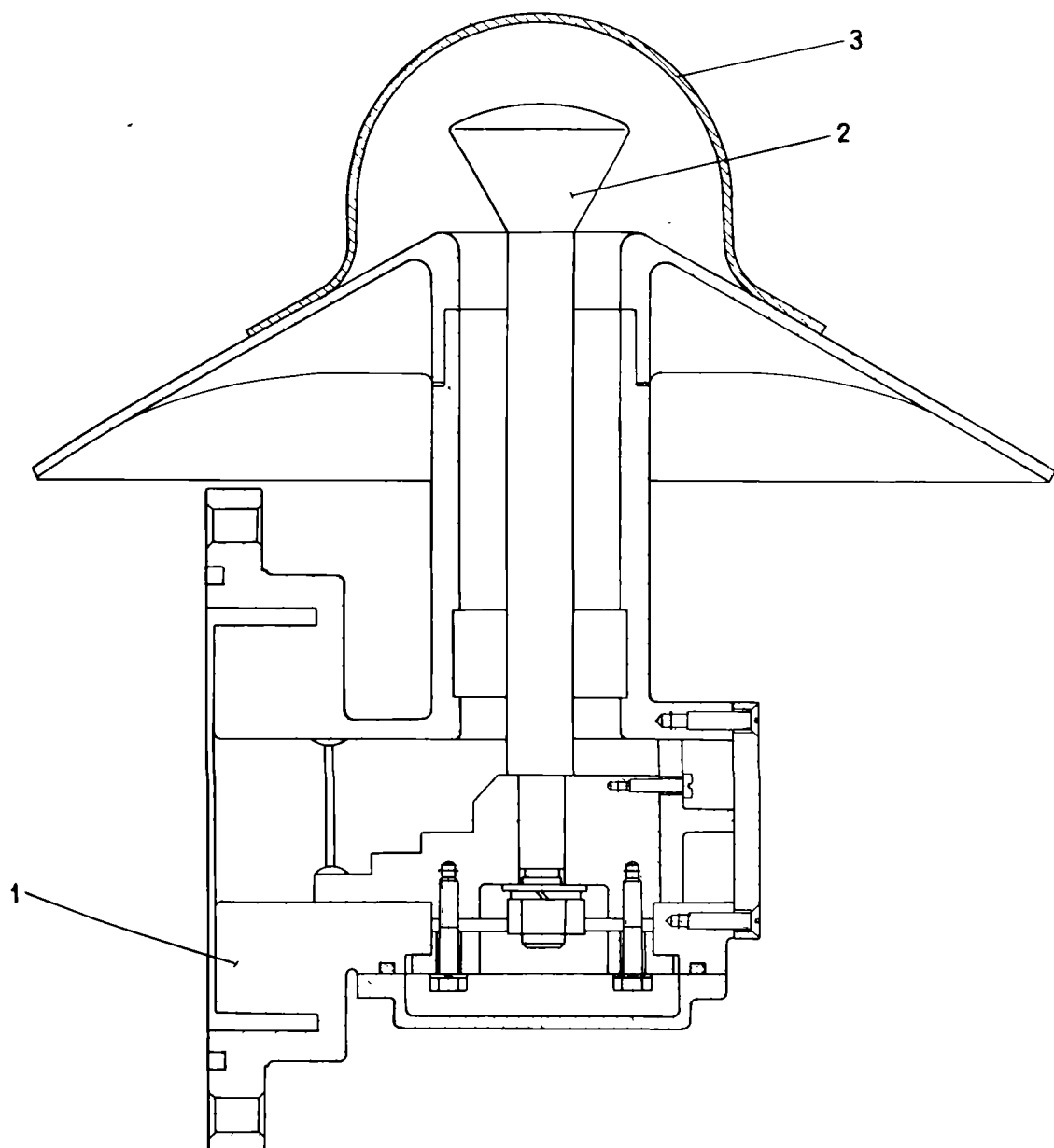


Рис. 8.2. Всенаправленная антенна

1- коаксиальный ступенчатый угловой переход; 2- сегмент;
3- пылевлагозащитный колпак.

из каналов входят: антенная головка (рис.8.1), всенаправленная антенна (рис.8.2), переключатель (рис.8.3) и другая аппаратура. Антенные устройства всех трех каналов с аппаратурой располагаются на одной кабине типа КА-100 системы-200. Конструктивная компоновка антенного поста в боевом положении показана на рис.8.4 и 8.4а.

На кабине установлены три антенных головки (поз.1), между которыми находятся переключатели (поз.2). За антенными головками на стойках стоят всенаправленные антенны (поз.3). К торцу кабины крепится подъемное устройство (поз.4), предназначенное для монтажа и демонтажа антенных устройств.

Кабина поста имеет круговое вращение. Каждая из 3 головок имеет самостоятельный азимутальный и угломестный привод, углы поворота по азимуту $\pm 40^\circ$, по углу места от 0° до 90° . В конце хода как по азимуту, так и по углу места, для антенных головок установлены концевые выключатели и механические упоры.

Антенная головка (рис.8.1) — специальное устройство, в состав которого входят следующие приборы и агрегаты:

- параболическая передающая антенна (поз.1) диаметром 1700 мм с узкой диаграммой направленности;
- рупорная передающая антенна (поз.2) с широкой диаграммой направленности;
- рупорная приемная антенна с суммирующим устройством (поз.3);
- поворотные сочленения (поз.4), однотипные как для азимута, так и для угла места; его конструкция представлена на рис.8.5;
- быстродействующий переключатель (поз.5), установленный в передающем тракте и служащий для перехода с широкого луча на узкий; конструкция переключателя представлена на рис.8.6;
- приемник (поз.6), установленный на силовом корпусе антенной головки;
- приводы: угломестный (поз.7) и азимутальный (поз.8);
- волноводные тракты сечением 90 x 45 мм.

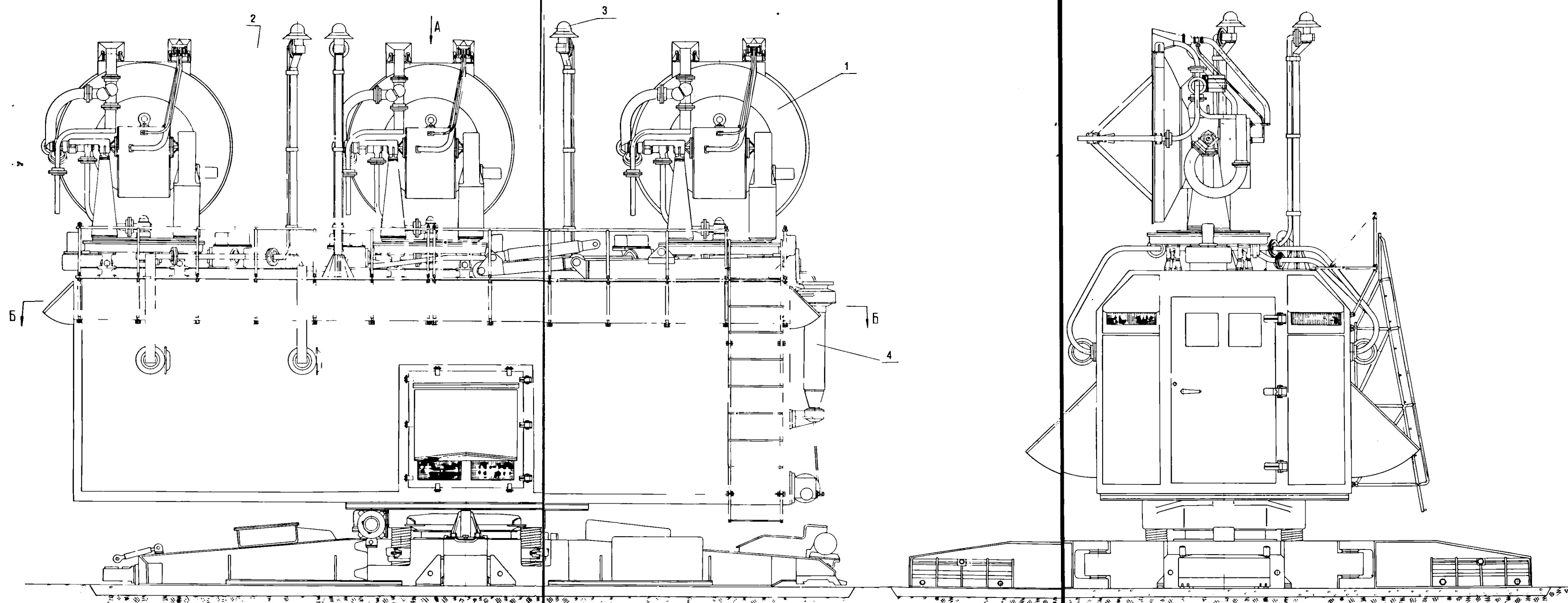
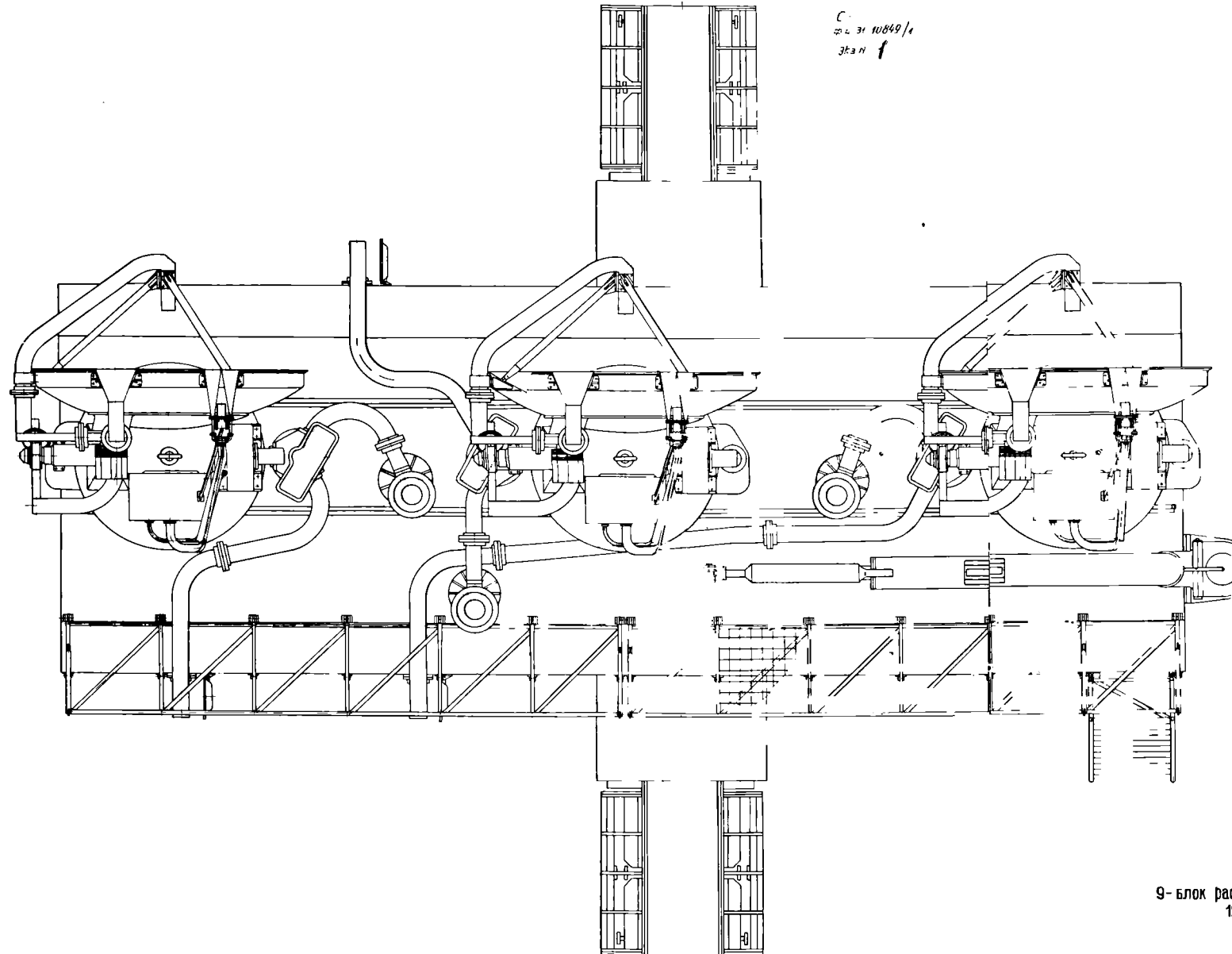


Рис. 8.4. Антенный пост СПК в боевом положении.

1-антенная головка, 2-переключатель; 3-всенаправленная антенна, 4-подъемное устройство.

Вид по стрелке А /смотри рис. /

С.
ИЛ 31 10049/4
ЗКА И
f



РАЗРЕЗ ПО ББ

/РАЗМЕЩЕНИЕ АППАРАТУРЫ В КАБИНЕ /

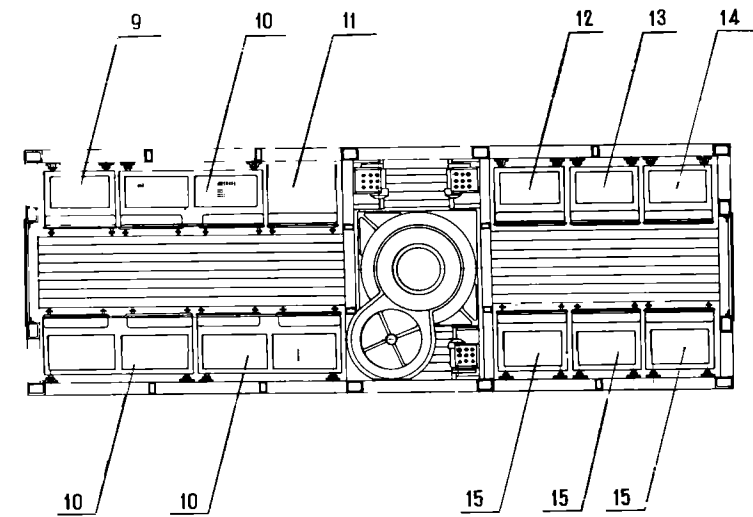


Рис. 84а. Антенный пост СПК в боевом положении

9- блок распределения первичного питания А50-01; 10-шкаф А50-Г1; 11-шкаф А50-Г3;
12-шкаф А50-У1; 13-шкаф А50-П2; 14-шкаф А50-П1; 15-шкаф А50-Г2.

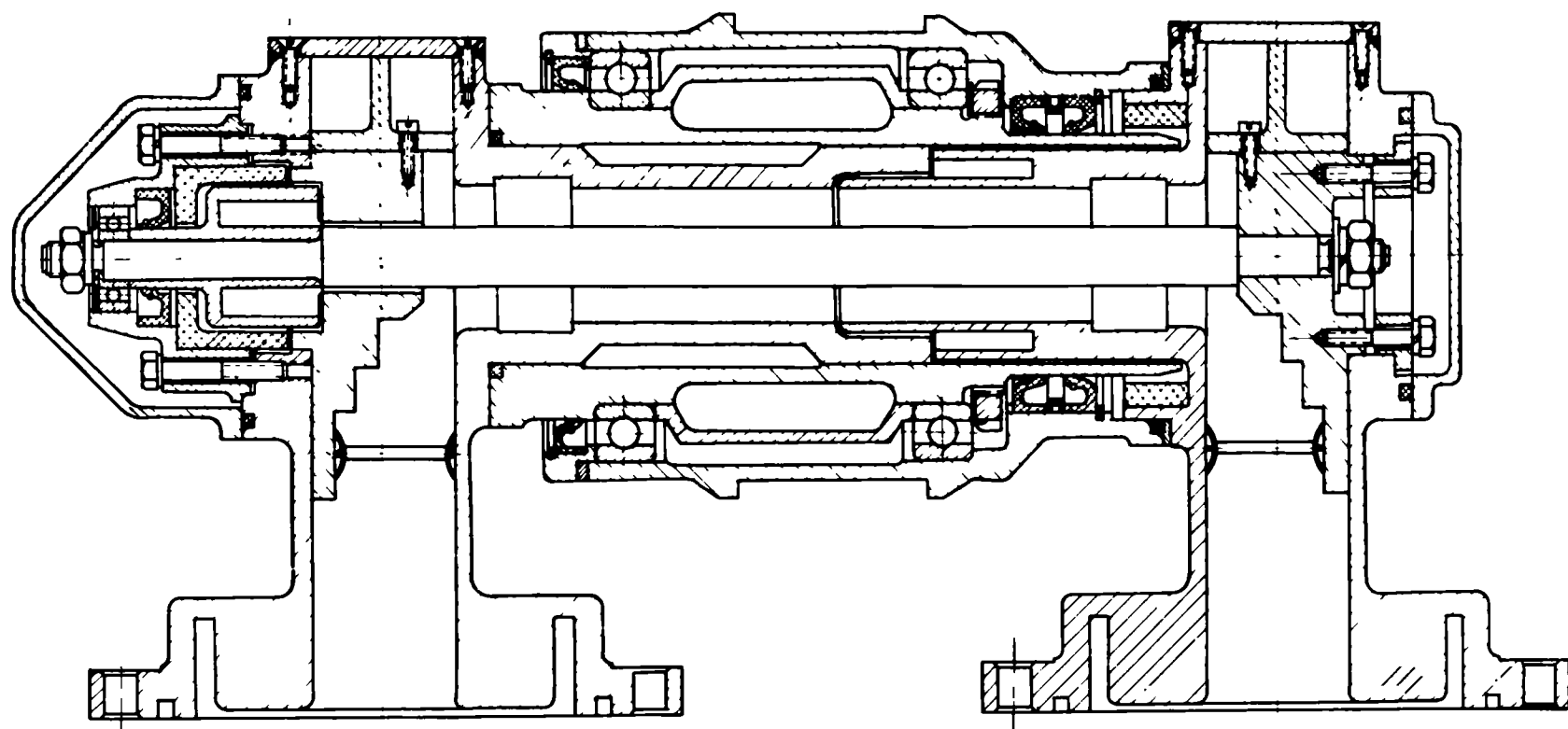


Рис. 8.5. Поворотное сочленение

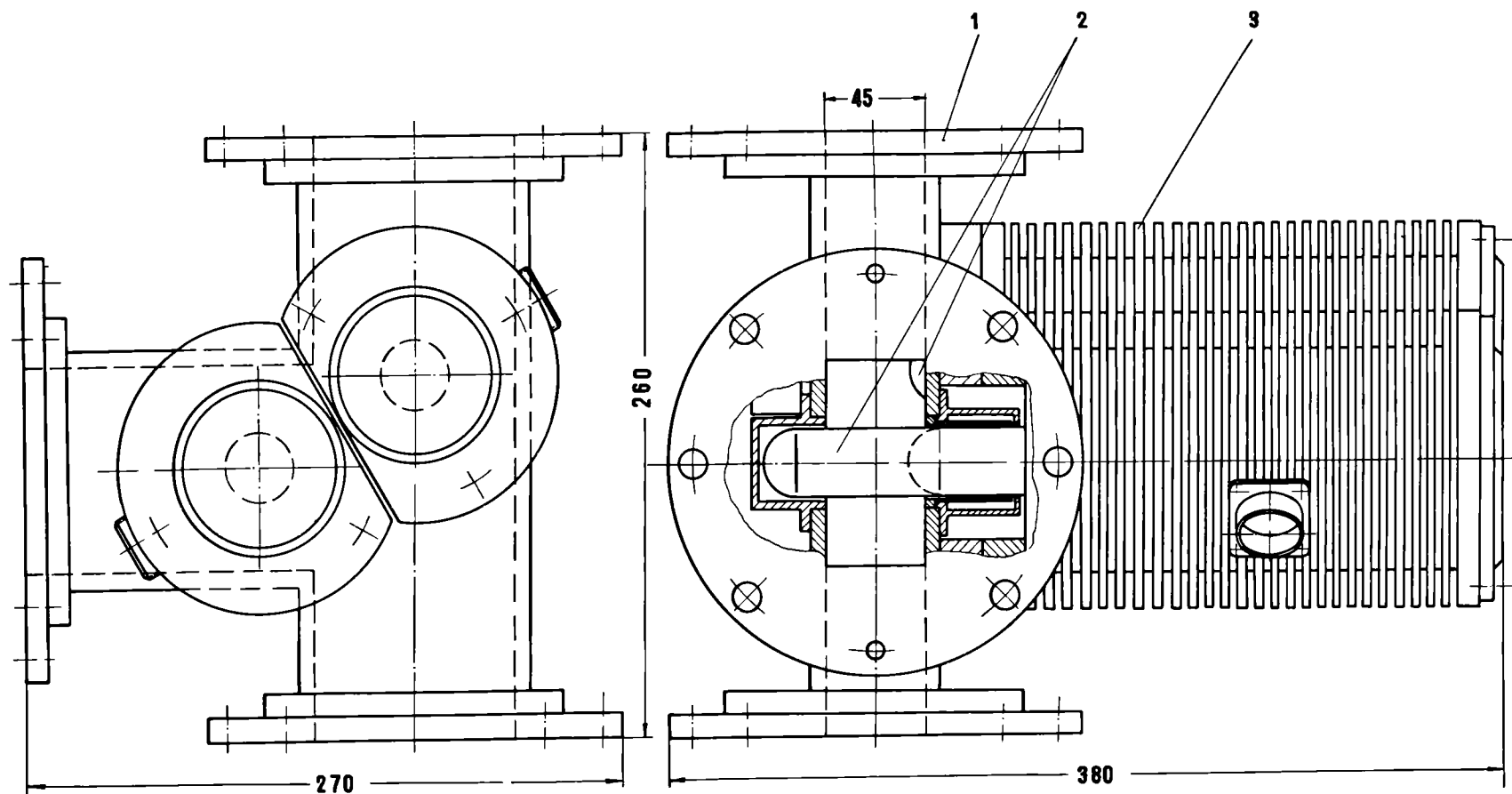


Рис. 8.6. Переключатель быстродействующий.

1 — тройник; 2 — штырь; 3 — электромеханизм перемещения штыря.

Всенаправленная антенна (рис.8.2) конструктивно представляет собой часть коаксиального поворотного сочленения, имеющего ступенчатый уголкового переход (поз.1), в его внутреннюю жилу сверху вмонтирован сегмент (поз.2), закрытый специальным пылевлагозащитным колпаком (поз.3). Антенна устанавливается на стойке. Связь всенаправленной антенны с одним из переключателей осуществляется волноводами сечением 90 x 45мм. Эти волноводы при транспортировке не разбираются и перевозятся совместно с антенной.

Переключатели, схема которого показана на рис.8.3, устанавливаются на кабине с помощью подъемного устройства. Вес одного переключателя около 30 кг.

Кабина поста имеет три отсека: большой, малый и средний (холодный). В большом аппаратном отсеке размещаются три шкафа высокочастотной части передатчика А50-Г1, представляющие собой типовые сдвоенные шкафы, габаритом 1700 x 1400 x 655 мм (рис.8.7).

Для охлаждения и термостатирования передатчиков установлен один шкаф А50-Г3 (см.рис.8.8. и схему на рис.8.9), в котором размещены бачки с антифризом и нагревателями, насосы, радиатор с вентиляторами, обеспечивающие снятие рассеиваемой мощности и поддержание определенной температуры охлаждающей жидкости. Система жидкостного охлаждения термостатирования представляет собой систему закрытого типа с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости. Гидравлическая система выполнена таким образом, что обеспечивает работу трех передатчиков. Для надежности предусматривается дублирование насосов. Бк и радиатор с вентилятором является общим для всех гидравлических цепей системы. Термостат обеспечивает перепуск жидкости в бак минуя радиатор, когда ее температура ниже $+70^{\circ}\text{C}$. Система охлаждения - термостатирования имеет четыре ^{режима} работы:

- режим разогрева, который предназначен для одновременного прогрева жидкости и приборов до температуры $+70^{\circ}\text{C}$;
- дежурный режим, осуществляющий автоматическое поддержание температуры охлаждающей жидкости и приборов на уровне $+70^{\circ} \pm 15^{\circ}\text{C}$;
- режим боевой работы, который предназначен для поддержания

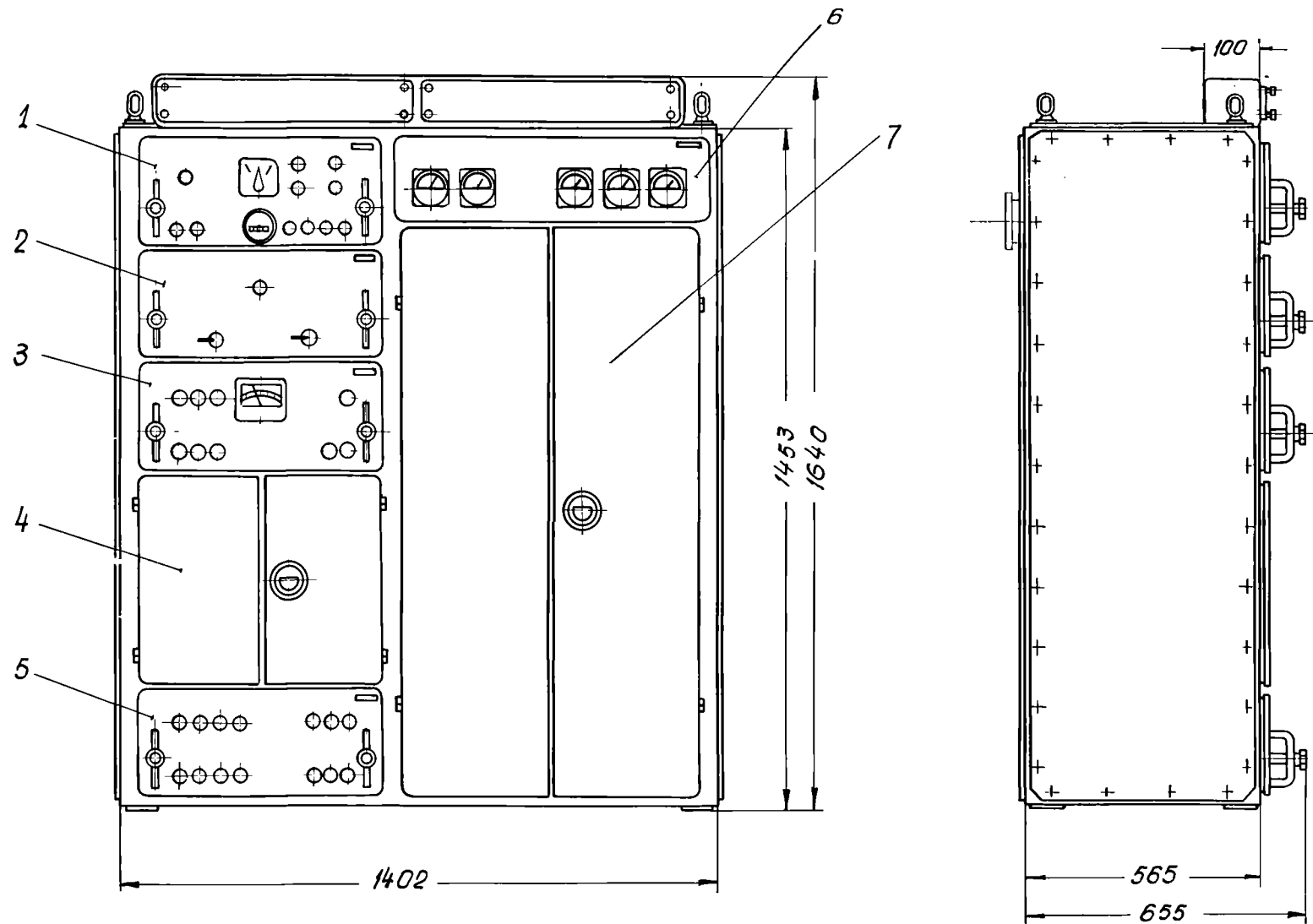


Рис. 8.7. Шкаф А50-Г1

1- блок управления; 2- модулятор и контрольное устройство; 3- блок питания возбудителя; 4- возбудитель; 5- блок питания модулятора; 6- приборная панель; 7- в/ч элементы и клистрон.

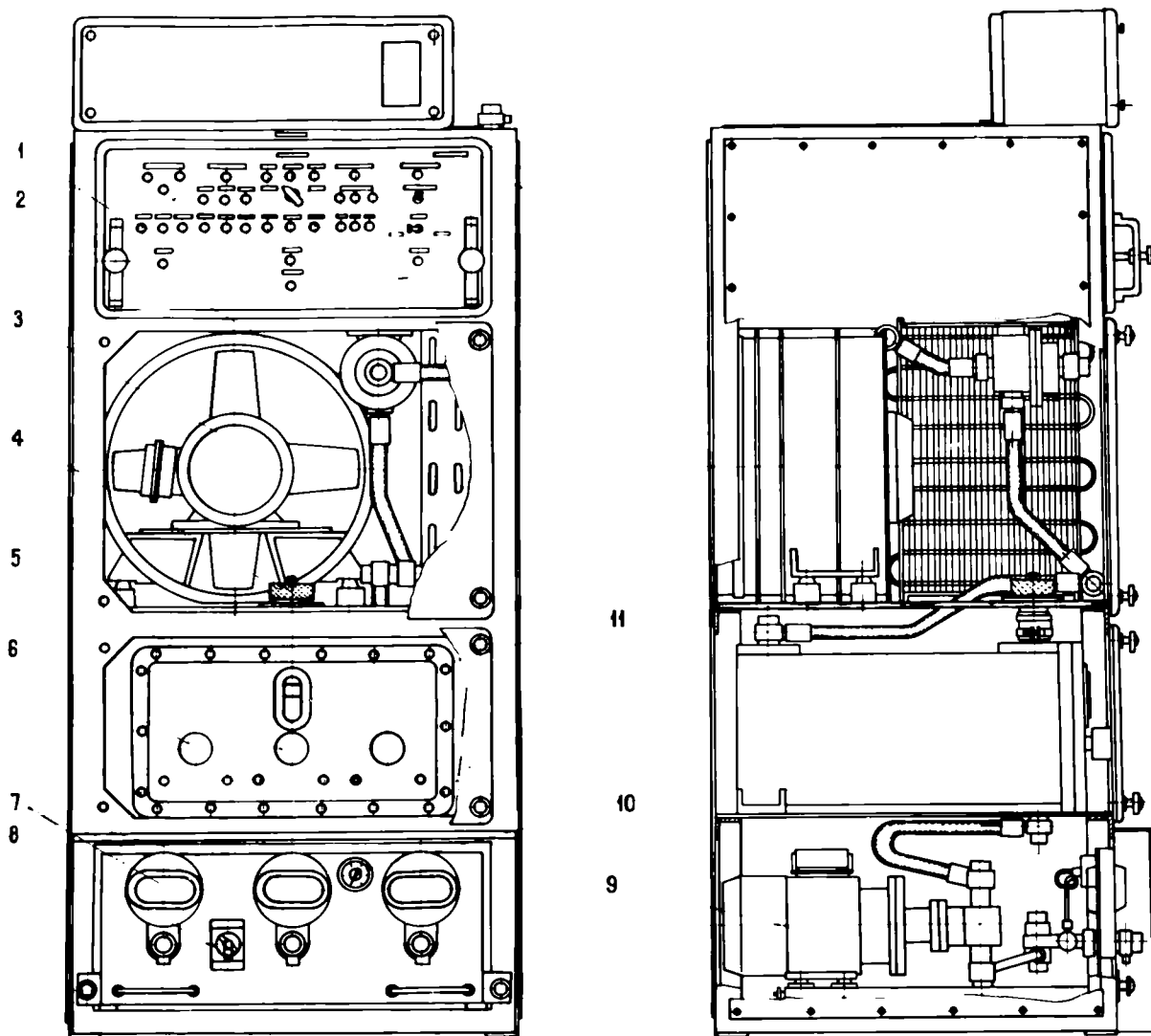


Рис. 8.8. Шкаф охлаждения-термостатирования

1-блок автоматизации; 2-термостат; 3-вентилятор; 4-заливная горловина;
5-бак; 6-температурные реле; 7-гидроконтакты; 8-сливной кран;
9-блок насоса; 10-манометр; 11-указатель уровня

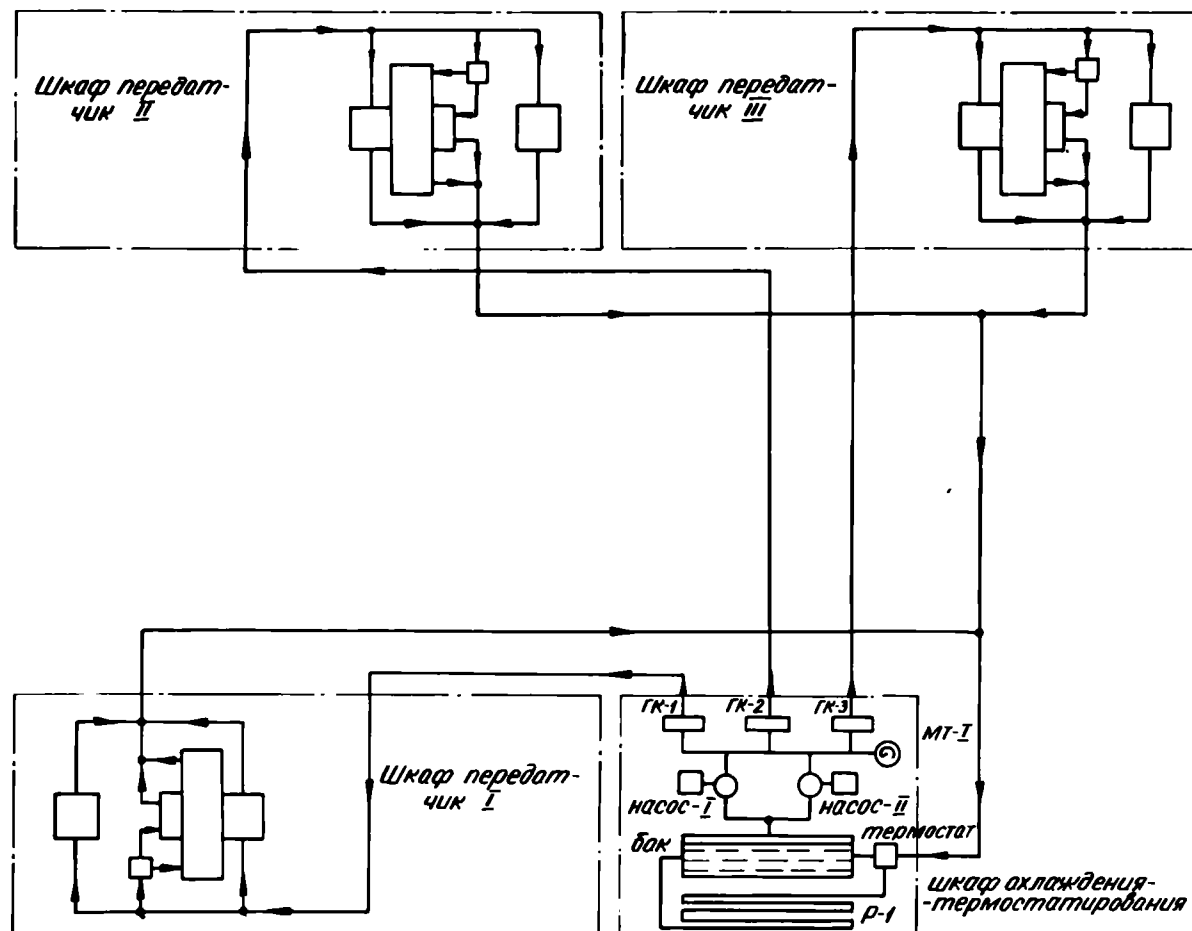


Рис. 8.9. Гидравлическая схема системы охлаждения-термостатирования шкафов передатчиков

заданной температуры охлаждающей жидкости при выделении мощности на приборах передатчиков (за время, соответствующее циклу боевой работы);

- режим контроля, который дает возможность проведения автономной проверки работы системы и ее элементов.

В качестве охлаждающей жидкости используется антифриз марки "65" ГОСТ 159-52. Разогрев охлаждающей жидкости до температуры $+70^{\circ}\text{C}$ происходит за 2 часа (при окружающей температуре -50°C).

Кроме перечисленных шкафов в большом отсеке размещается блок распределения первичного питания А50-01.

Шкафы А50-ГЗ и А50-01 типовые, одинарные с габаритами 1700 x 700 x 655 мм.

В малом отсеке размещены три шкафа питания и управления передатчика А50-Г2 (рис.8.10), один шкаф А50-П2 (в нем расположены усилители, система АРУ и т.д.), один шкаф А50-У1 осуществляющий управление силовой частью приводов, один шкаф А50-П3 (в котором имеются гетеродины и аппаратура контроля). Шкафы, расположенные в малом отсеке - все типовые одинарные, с габаритами 1700 x 700 x 655 мм.

В центральном отсеке размещается следующая аппаратура: токосъемник, вентиляторы для охлаждения аппаратуры, привод точного датчика и 6 электромашинных усилителей ЭМУ-5А для приводов антенных головок.

В зимнее время централизованная система вентиляции шкафов имеет рециркуляцию с подогревом, благодаря которой температура в шкафах поддерживается не ниже $+5^{\circ}\text{C}$.

Для удобства обслуживания антенных головок и аппаратуры на крыше кабины установлены откидные площадки и предусмотрен трап.

Для сборки антенного поста применяется специальное подъемное устройство, которое крепится к торцу кабины и представляет собой трубчатую конструкцию. Для подъема и опускания груза не более 1500 кг имеется ручной и электромеханический привод. На уровне крыши подь-

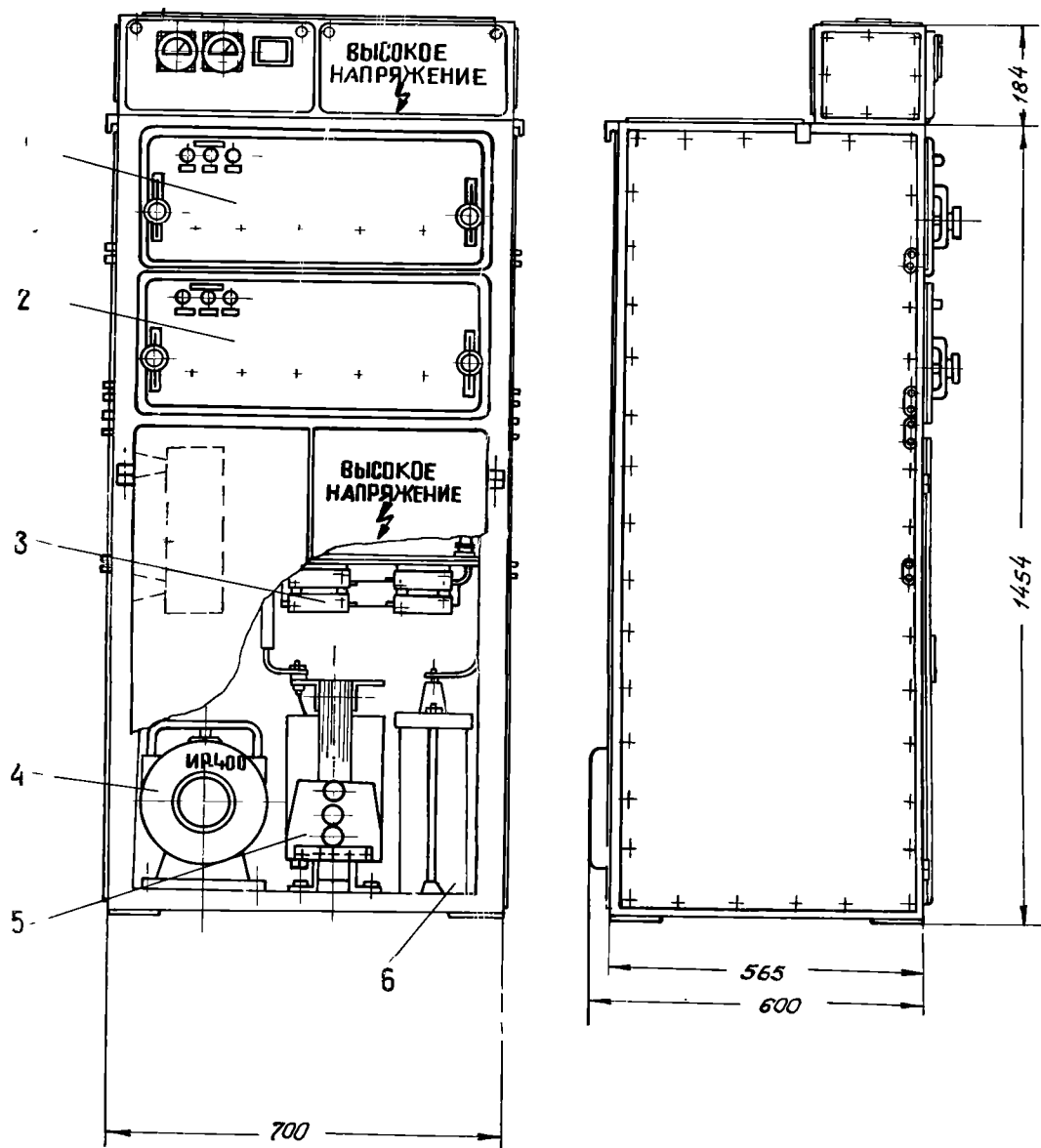


Рис. 8.10. Шкаф А50-Г2.

1-выпрямитель 2000 в, 0,12 а; 2-выпрямитель 40 в, 8 а; 3-выпрямитель диоды Д1010 4-индукционный регулятор ИР-400-15; 5-высоковольтный трансформатор; 6-конденсатор КБГ-П2-15-05 II.

емное устройство имеет разъемную поворотную ось, вокруг которой он поворачивается и кладется на крышу. При этом одновременно вытаскивается палец раскоса стрелы, стрелу поворачивают в направлении основной трубы и раскос ложится параллельно трубе. Стрелу прикрепляют к кабине. В таком положении подъемное устройство находится как в боевом, так и в походном положении.

Антенный пост в походном положении размещается на 2-х транспортных единицах (рис.8.11), из которых одну единицу составляет сама поворотная кабина с аппаратурой, вторую 10-тонный прицеп 2ПТ-10 с антенными устройствами, снятыми с кабины. Кабина поста с аппаратурой весом 26т транспортируется тягачом КраЗ-214, прицеп с грузом (суммарный вес 11т) транспортируется тягачом КраЗ-214. Указанные транспортные единицы вписываются в габарит очертания погрузки ж/д СССР и после спецподготовки в ж/д габарит 02-Т.

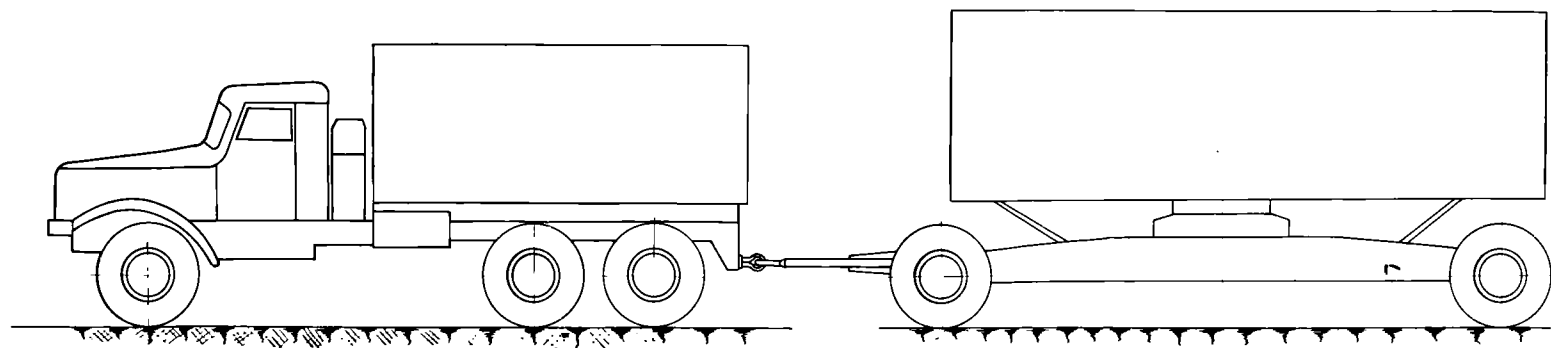
Сборка антенного поста СПК производится в следующей последовательности (рис.8.12): кабина поста устанавливается на специально подготовленную площадку, при помощи домкратов отсоединяются хода и кабина своим лафетом ложится на фундамент. К кабине подвозят прицеп с антенными устройствами и при помощи подъемного устройства производят сборку поста. Для удобства сборки как на прицепе, так и на кабине установлены направляющие рельсы (швеллеры).

С прицепа подъемным устройством поднимают ближайшую антенную головку и устанавливают ее на кабину, после чего перекачивают по направляющим на заданное место. При помощи эксцентриков вывешивают ролики, антенная головка при этом своими лапами ложится на опоры и крепится к ним.

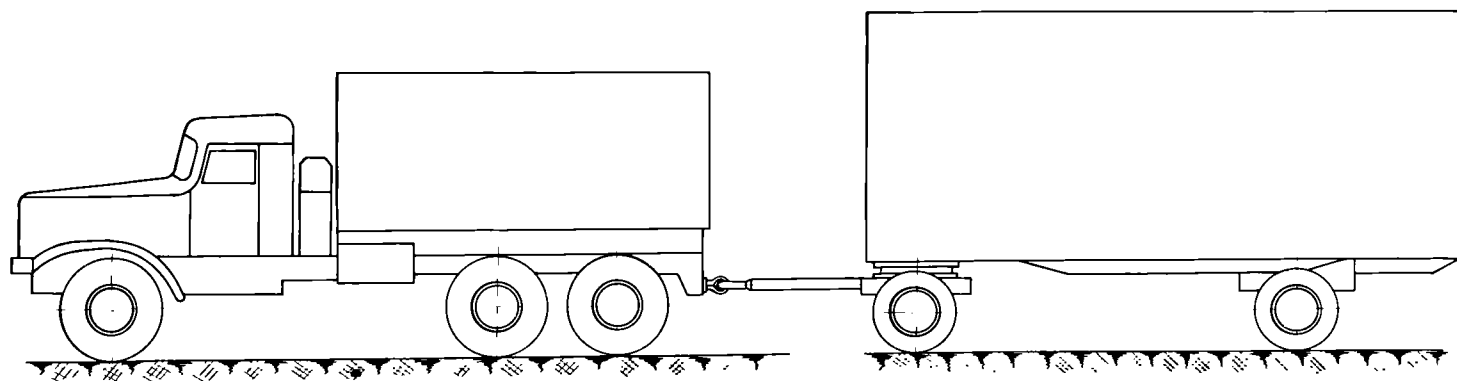
На прицепе под вылет стрелы подкатывают следующие антенные устройства и таким же методом собирают их. Подъемное устройство после сборки поста складывается на кабине. Демонтаж антенного поста А51 производится в последовательности, обратной сборке.

Юстировка и привязка к местности антенного поста производится следующим образом:

- выставляют азимутальную ось кабины поста в вертикальное положение



Кабина поста



Прицеп с антенными устройствами

Рис. 8.11. Пост А51 в походном положении

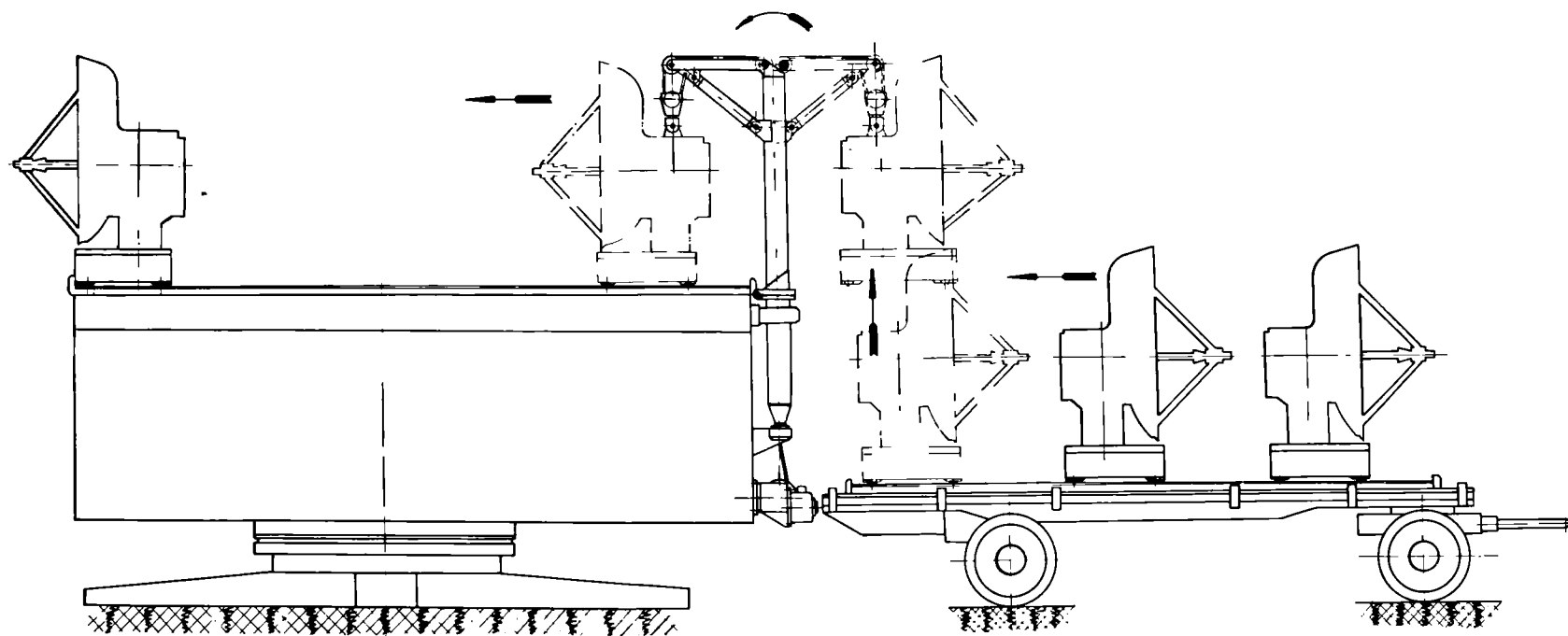


Рис. 8.12. Схема сборки поста А51

ние при помощи штатных средств с точностью до 2 минут. Точность выставки вертикальной и горизонтальной оси каждой антенной головки относительно привалочных поверхностей обеспечивается при сборке в заводских условиях и на позиции не проверяется;

- при помощи оптического визирного устройства производят привязку по азимуту к местности каждой антенной головки. Визирное устройство устанавливается на специально подготовленную площадку антенной головки и обеспечивает фиксирование азимутального положения кабины;

- с помощью уровня производят привязку по углу места каждой антенной головки. Уровень устанавливается на специальную контрольную площадку, которая в заводских условиях выполняется параллельно пеленгационному направлению приемной антенны.

Время, необходимое для развертывания поста на позиции 8 часов, время свертывания поста 6 часов. Площадка для развертывания имеет бетонное покрытие размером 8 x 8 м. Под лафет поста подсыпается слой гравия толщиной 50±100 мм.

Антенный пост выдерживает воздействие падающей ударной волны при ядерном взрыве с избыточным давлением во фронте ударной волны $\Delta P_{\text{ф}} = 0,05 \text{ кг/см}^2$ и воздействие светового излучения до 16 ккал/см², устойчив и прочен при скорости ветра $V = 60 \text{ м/сек.}$ и работоспособен при скорости ветра $V = 30 \text{ м/сек.}$ При скорости ветра $V = 60 \text{ м/сек.}$ (ураган) запас устойчивости поста 1,6. Запас прочности при ядерном взрыве около 1,6.

8.3. Техническая характеристика антенного поста

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Вес в боевом положении | 27 т. |
| Вес кабины в походном положении | 26 т. |
| Вес прицепа с антенными устройствами | 11 т |
| Момент инерции кабины | 10000 кгмсек ² . |

МК 31/3207сс-8

| | |
|--|-------------------------|
| Ветровой момент кабины | 800 кгм |
| Статический момент кабины | 400 кгм |
| Время переброса кабины на 180° | 20 сек. |
| Максимальная угловая скорость кабины | 16°/сек. |
| Максимальное угловое ускорение кабины | 8°/сек. ² |
| Мощность электродвигателя кабины | 3,2 квт. |
| Вес антенной головки | 1200 кг |
| Момент инерции антенной головки | |
| - по азимуту | 20 кгмсек ² |
| - по углу места | 10 кгм сек ² |
| Ветровой момент антенной головки | |
| - по азимуту | 20 кгм |
| - по углу места | 25 кгм |
| Статический момент антенной головки | |
| - по азимуту | 10 кгм |
| - по углу места | 10 кгм |
| Весовой дисбаланс антенной головки | |
| - по углу места | 20 кгм |
| Максимальная скорость вращения антенной головки | |
| - по азимуту | 27,6°/сек. |
| - по углу места | 27,6°/сек. |
| Мощность электродвигателей головки по азимуту и углу места | 0,25 квт. |
| Время переброса антенной головки | |
| - по азимуту на угол 35° | 5 сек. |
| - по углу места на угол 25° | 5 сек. |

8.4. Аппаратная кабина А52

Аппаратная кабина СПК А52 включает в себя следующую функциональную аппаратуру:

| | |
|------------------------------|--------|
| - шкаф синхронизатора | А52-Н1 |
| - шкаф синхронизатора обмена | А22-Н2 |

мк 3I/3207сс-9

| | |
|--|--------|
| - шкаф шифратора (ПУ) | A52-ЕI |
| - шкаф цифровой части привода и системы управления и индикации | A52-УI |
| - шкаф стартовой автоматики | A52-У2 |
| - шкаф "-" | A52-У3 |
| - шкаф следящей системы по дальности | A52-ДИ |
| - шкаф шифратора (КУ) | A52-Е2 |
| - блок распределения и контроля напряжения | A52-ОI |
| - распределительный щит | РЩК-I |
| - аппаратура связи | |
| - аппаратура охлаждения и вентиляции. | |

Аппаратура кабины А52 размещена в полуприцепе "828" Одесского автосборочного завода, показанном на рис.8.13.

Полуприцеп-фургон "828" представляет собой одноосный прицеп, оборудованный закрытым кузовом типа "Фургон".

| | |
|------------------------------|-------------------|
| Грузоподъемность полуприцепа | 5,5 т |
| Собственный вес полуприцепа | 5,6 т |
| Длина полуприцепа | 8760 мм |
| Ширина полуприцепа | 2570 мм |
| Высота под нагрузкой | 3480 мм |
| Дорожный просвет | 427 мм |
| Колея | 1750 мм |
| Полезная площадь кузова | 20 м ² |

Полуприцеп в сборе при установке на 4-осную железнодорожную платформу вписывается в "очертание погрузки" железных дорог СССР. В габарит подвижного состава западноевропейских железных дорог "02-T" вписывается при снятой ходовой части.

Конструкция полуприцепа обеспечивает установку в нем 14 унифицированных шкафов с аппаратурой. Полуприцеп "828" имеет следующее оборудование:

- систему охлаждения аппаратуры наружным воздухом,
- систему вентиляции помещения кабины,
- кабельные желоба для внутрикабинных кабельных соединений,

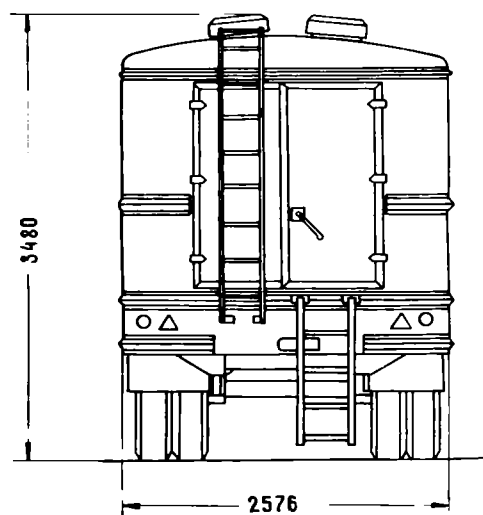
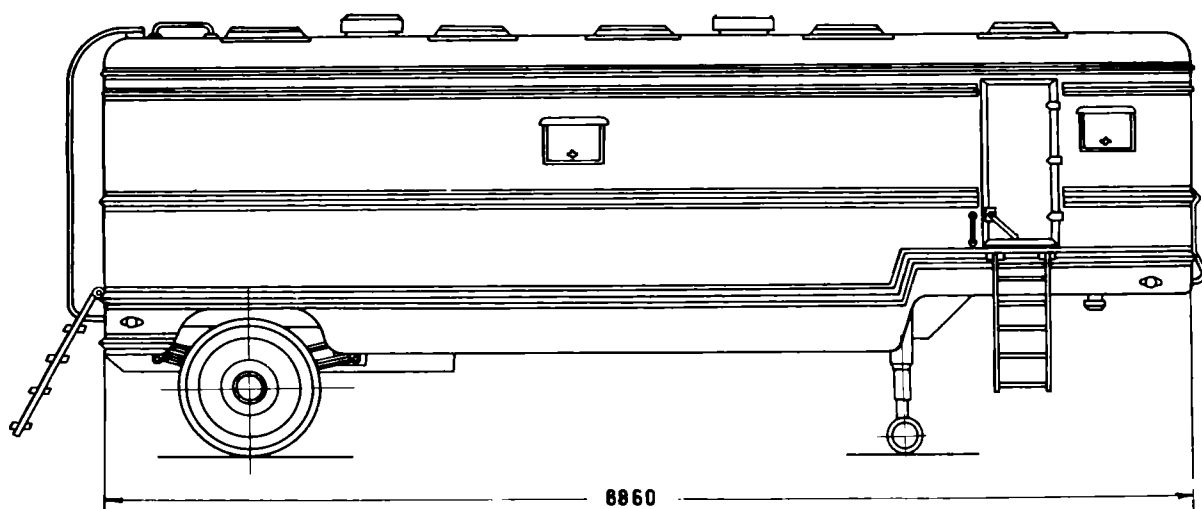


Рис. 8.13. Полуприцеп „828“.

- подставки по бортам для установки шкафов,
- четыре входные коробки для разъемов междукабинных кабельных соединений,
- прочее вспомогательное оборудование (двери, окна в крыше со шторками, домкраты для вывешивания колес, шанцевый инструмент и т.д.).

Размещение аппаратуры кабины А52 в полуприцепе "828" показано на рис.8.14. Конструкция полуприцепа обеспечивает возможность подключения к системе охлаждения аппаратуры двух воздухоохладителей (по одному на борт), создающих нормальные тепловые режимы для полупроводниковой аппаратуры. Воздухоохладители используются при температуре окружающего воздуха свыше $+30^{\circ}\text{C}$.

Вес кабины с аппаратурой не более 11 тонн. Транспортировка осуществляется седельным тягачом ЗИЛ-157В (ЗИЛ-130).

Кузов полуприцепа несущей конструкции. В его основании нет продольных элементов и вся изгибающая нагрузка воспринимается стенками, полом и крышей. Тип кузова - цельнометаллический, клепанный, закрытый фургон.

Внутренняя часть кузова в дневное время освещается окнами, расположенными в крыше и в ночное время электрическими плафонами, расположенными на потолке. Для обеспечения светомаскировки в ночное время каждое окно оборудовано индивидуальной шторкой. Кузов оборудован двумя аварийными плафонами с синим рассеивателем. Стенки полуприцепа и крыша теплоизолированы.

8.5. Система охлаждения и вентиляции кабины А52

Система охлаждения аппаратуры наружным воздухом выполнена по принципу централизованного снабжения воздухом приточно-вытяжной системы вентиляции двух групп шкафов с аппаратурой, расположенных раздельно вдоль левого и правого борта кабины. Система охлаждения аппаратуры наружным воздухом обеспечивает перепад температур наружного воздуха и воздуха выходящего из шкафов не более $10-15^{\circ}\text{C}$.

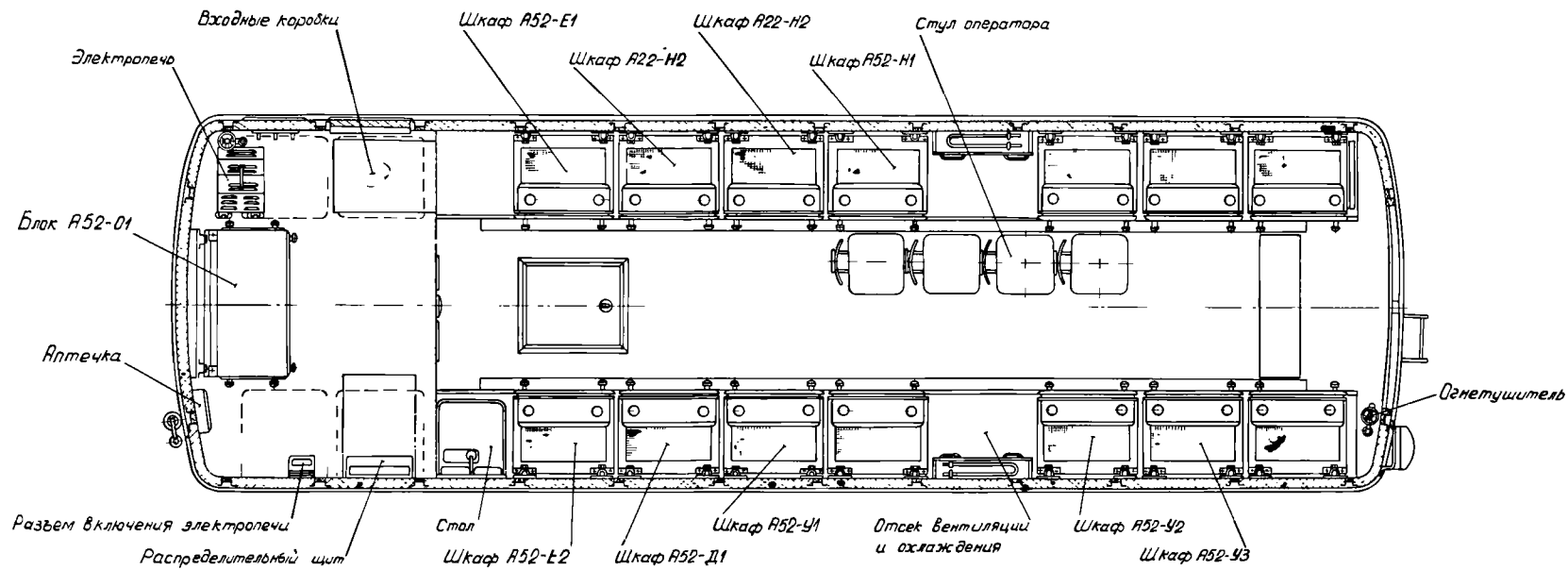


Рис. 8.14. Размещение аппаратуры в кабине А52

В случае эксплуатации аппаратуры в районах с повышенной температурой (выше $+30^{\circ}\text{C}$) кабина А52 укомплектовывается двумя воздухоохладителями, обеспечивающими нормальные тепловые режимы полупроводниковой аппаратуры. Каждый воздухоохладитель конструктивно оформлен в виде отдельного агрегата и включает в себя компрессорно-конденсаторный и испарительно-регулирующий блоки, соединенные трубопроводами. В состав первого блока входят: компрессор, конденсатор, осевой вентилятор и ресивер. В состав второго - испаритель, теплообменник, фильтр-осушитель, соленоидный клапан, терморегулирующий клапан и воздухопровод. В качестве хладагента использован фреон I42 ВТУ МХП № II-25-66. Внешний вид ^{и схема} воздухоохладителя показаны на рис.8.15. Стыковка с кабиной осуществляется с помощью специальных труб, как показано на рис.8.16.

Конструкция полуприцепа "828" и охладителя обеспечивает возможность работы как с охлаждением воздуха, так и без него, при этом расстыковка охладителя с кабиной не требуется.

В случае эксплуатации кабины при низких отрицательных температурах предусматривается подогрев воздуха в системе вентиляции аппаратуры. Это осуществляется специальным устройством обогрева, конструктивно оформленным в виде 2-х электронагревательных агрегатов мощностью по 6 кВт, встроенных в рециркуляционные каналы системы охлаждения (по одному на борт). Устройство обогрева обеспечивает автоматическое поддержание температуры в аппаратуре в режиме дежурного подогрева $+10^{\circ}\text{C}$ ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) при наружной температуре до -50°C . Время прогрева аппаратуры до температуры $+10^{\circ}\text{C}$ (без включения самой аппаратуры) в зависимости от температуры окружающего воздуха указано в таблице 8.1.

Таблица 8.1.

| Температура окружающего воздуха в $^{\circ}\text{C}$ | -50 | -40 | -30 | -20 | -10 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| Время прогрева в часах | 7 | 5 | 3,5 | 2,5 | 1,7 |

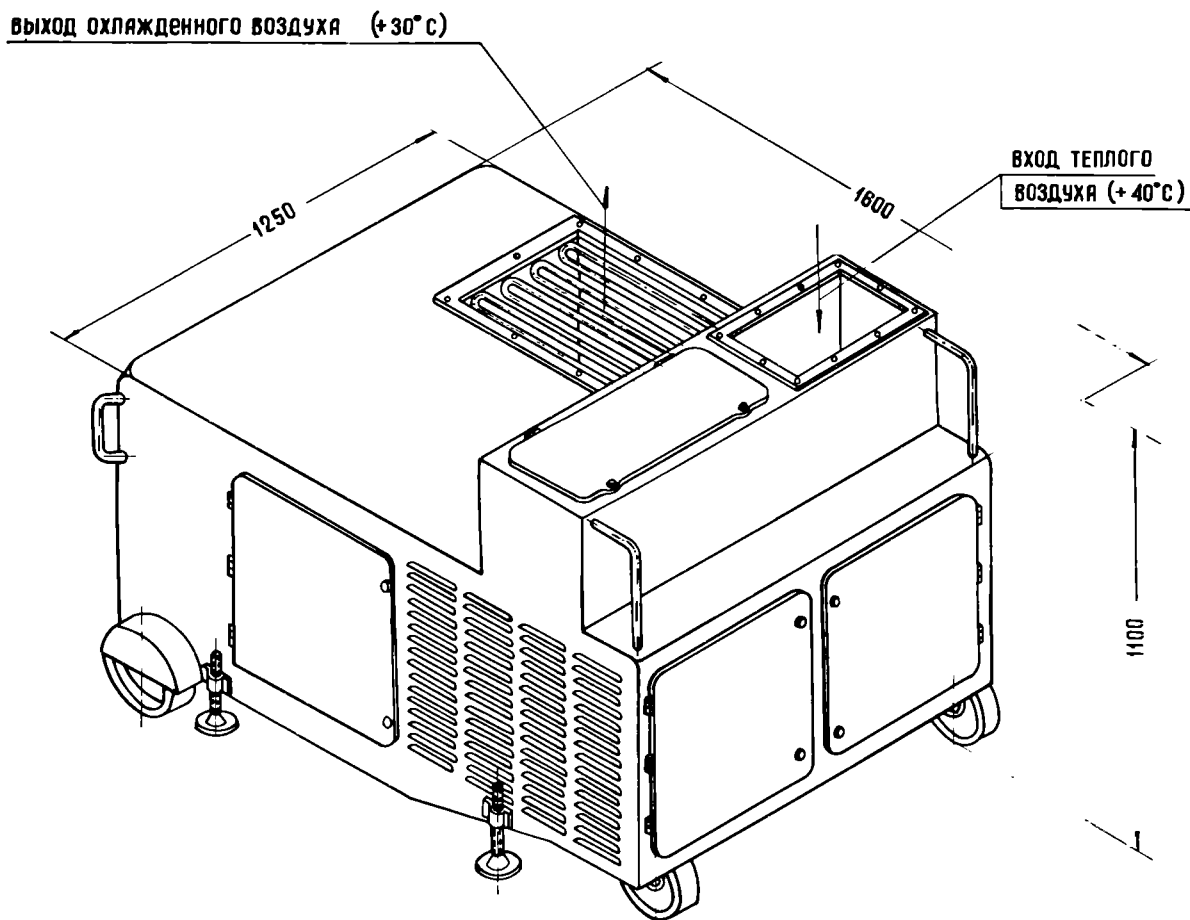


Рис. 8.15. Охладитель

техническая характеристика охладителя

1. холодопроизводительность при температуре:
кипения $+7^{\circ}\text{C}$ и окружающего воздуха $+50^{\circ}\text{C}$ 10.000 $\frac{\text{ккал}}{\text{час}}$
2. температура воздуха, прошедшего через охладитель... $+30^{\circ}\text{C}$
3. потребляемая мощность 9,5 кВт
4. род тока и частота переменный 50 Гц
5. производительность по воздуху 3.700 $\frac{\text{м}^3}{\text{час}}$
6. зарядка охладителя:
фреон 142 ВТУ МХП и П-25-56 15 кг
масло ХФ12 ГОСТ 5546-59 4 кг
7. вес 700 кг

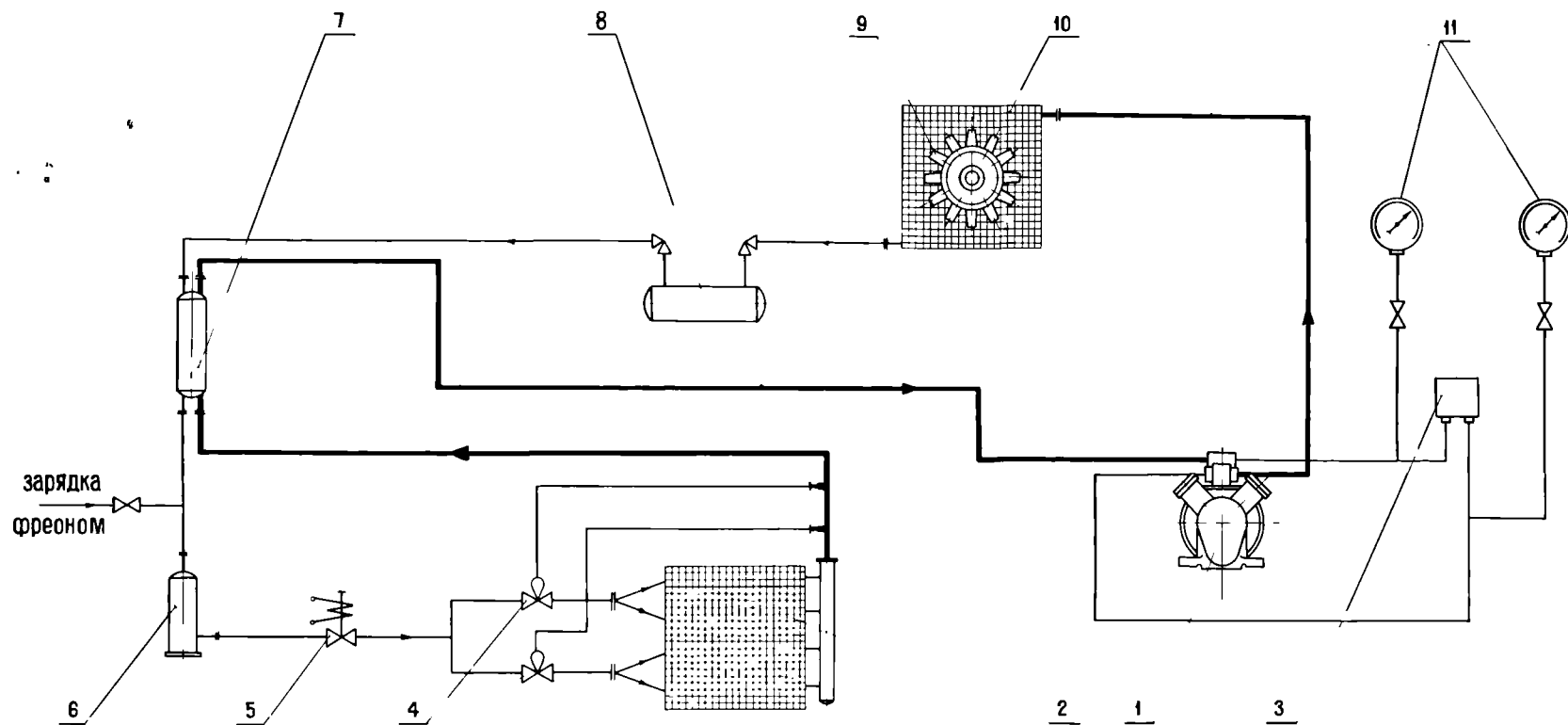
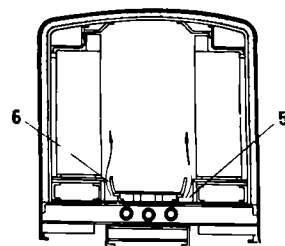


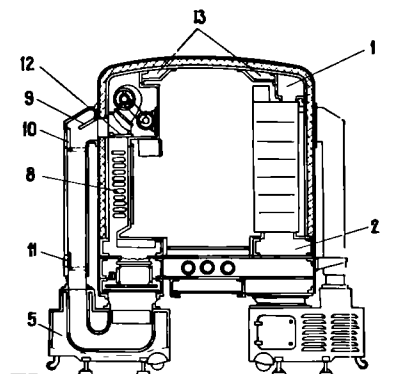
Рис. 8.15а. Принципиальная гидравлическая схема охладителя.

1- компрессор ФУБС-12, 2-испаритель, 3- реле давления РДК-2-53; 4- терморегулирующий вентиль 142ТРВ-5;
5-соленоидный вентиль СВМ-10; 6-фильтр-осушитель, 7-теплообменник; 8-ресивер; 9-осевой вентилятор;
10-конденсатор воздушный; 11-мановакуумметр

условные обозначения: — жидкий фреон
— газообразный фреон



1- вентилятор; 2- электродвигатель, 3- крышка, 4- фильтр, 5- воздуховод, 6- щель выхода воздуха; 7- фрамуга.



1- верхний воздуховод; 2- нижний воздуховод (подставка для шкафов) 3- верхний отсек вентиляции;
4- нижний отсек вентиляции; 5- охладитель; 6- аппаратура (шкафы) 7- рециркуляционный жолоб;
8- обогреватель; 9- крышка люка; 10- верхняя заслонка; 11- нижняя заслонка; 12- рециркуляционная заслонка; 13- кабельные желоба.

Рис. 8.16. Оборудование полуприцепа „828“.

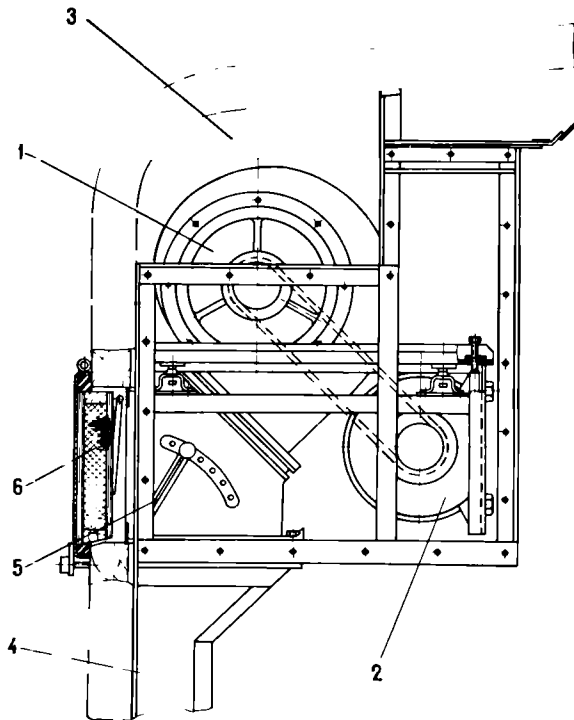
На рис.8.16 показано конструктивное оформление системы охлаждения аппаратуры и устройства обогрева аппаратуры. Как видно на рис. 8.16 в системе вентиляции группы шкафов одного борта установлены последовательно два блока вентиляции, из которых один (нижний) работает на нагнетание воздуха в систему (рис.8.17) другой (верхний) на отсасывание нагретого воздуха из системы и выброс его наружу. Холодный наружный воздух засасывается через фильтр вентилятором, расположенным в нижнем вентиляционном отсеке под полом кабины и при давлении 25-30 мм вод.ст. нагнетается в нижний воздуховод, на котором установлены 7 типовых шкафов с аппаратурой.

Для вентиляции аппаратуры применен центробежный вентилятор двухстороннего всасывания, обеспечивающий расход воздуха порядка 4000 м³/час при напоре 25-30 мм.вод.ст.

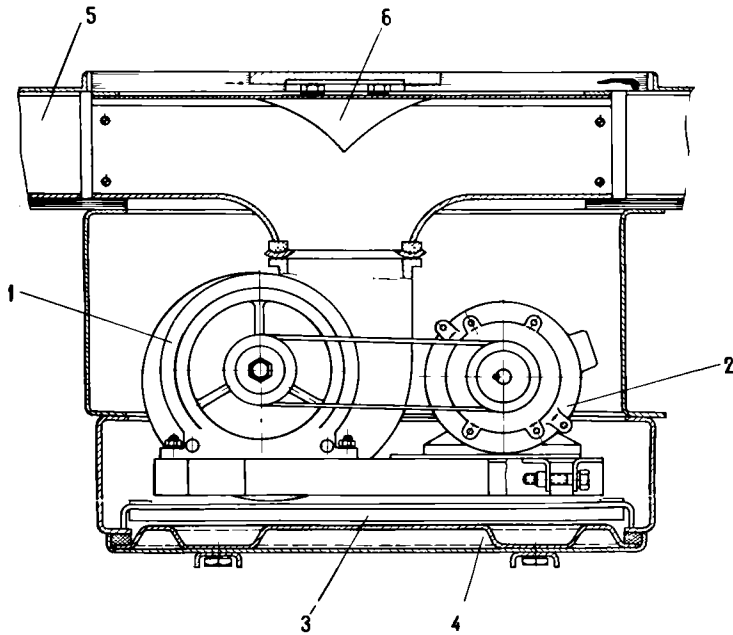
Привод вентилятора осуществляется через клиноременную передачу от трехфазного асинхронного двигателя АОЛ 32/4 (число оборотов $n = 1410$ об/мин., мощность 0,6-1 квт.).

Каждый типовой шкаф в своей нижней раме имеет два входных вентиляционных окна, которые через специальные резиновые патрубки соединяются с нижним воздуховодом. Для распределения воздуха, подаваемого на левую и правую (относительно вентиляционных отсеков) группу шкафов, в нижнем воздуховоде имеется рассекаатель, который устанавливается в соответствии с требуемым количеством воздуха для обеих групп шкафов. Из нижнего воздуховода холодный воздух по соединительным резиновым патрубкам поступает в шкафы в количествах, пропорциональных мощностям рассеивания шкафной аппаратуры. Это достигается тем, что вентиляционные окна типового шкафа имеют специальные дросселирующие вставки, которые могут изменять проходные сечения вентиляционных окон. Воздух проходит последовательно отсеки всех блоков, каждый раз меняя направление движения на обратное (так называемая "змейка"), осуществляя обдув шасси блоков в горизонтальном направлении. Испытания показали, что такая схема обдува является наиболее эффективной.

Нагретый в шкафах воздух отсасывается в верхний сборный возду-



ВЕРХНИЙ ОТСЕК ВЕНТИЛЯЦИИ
 1— вентилятор, 2— электродвигатель, 3— верхний воздуховод; 4— рециркуляционный желоб; 5— рециркуляционная заслонка; 6— крышка люка.



НИЖНИЙ ОТСЕК ВЕНТИЛЯЦИИ
 1— вентилятор, 2— электродвигатель, 3— Фильтр; 4— крышка, 5— нижний воздуховод; 6— рассеиватель.

Рис. 8.17. Отсеки вентиляции.

ховод вентилятором, установленным в верхнем вентиляционном отсеке и выбрасывается наружу. Вентилятор и приводной электродвигатель верхнего и нижнего вентиляционного отсека аналогичны.

Конструкция системы охлаждения аппаратуры предусматривает замкнутый цикл охлаждения шкафов (рециркуляция), для чего полость нагнетания верхнего вентилятора соединяется вертикальной трубой с полостью всасывания нижнего вентилятора. Перепуск нагретого воздуха через эту трубу может быть осуществлен путем перекрытия специальной заслонки, имеющей 6 фиксированных положений. Режим рециркуляции дает возможность использовать для вентиляции воздух, подогретый за счет тепловыделений аппаратуры и обычно применяется в условиях низких отрицательных температур. Конструкция крышек фильтров вентиляции предусматривает плавное открывание их до величины, необходимой для частичного подмешивания холодного воздуха при замкнутом цикле работы системы охлаждения.

В зависимости от температуры наружного воздуха система охлаждения аппаратуры настраивается на определенный режим работы — летний или зимний. Настройка осуществляется при помощи установки в определенные положения заслонки и регулировки при помощи крышки фильтра входного отверстия в нижнем отсеке вентиляции. При низких отрицательных температурах наружного воздуха заслонка перекрывает выходное окно в верхнем вентиляционном отсеке. Система охлаждения тогда работает по замкнутому циклу. Крышка фильтра при этом закрыта.

При положительных температурах наружного воздуха заслонка перекрывает вертикальный воздухопровод и нагретый воздух выбрасывается через окно наружу. Крышка фильтра в этом случае открыта.

Для вентиляции помещения полуприцепа в передней части кабины под полом имеется пятый вентиляционный отсек, конструктивно выполненный аналогично вентиляционным отсекам системы охлаждения шкафной аппаратуры (см. рис. 8.16). Наружный воздух через фильтр засасывается центробежным вентилятором (техническая характеристика вентилятора и приводного электродвигателя приведена выше) и нагнетается в систему воздухопроводов, размещенных под верхним настилом пола вдоль рас-

положенных по бортам двух групп шкафов. В верхней части воздухопроводов имеются отверстия, через которые воздух под давлением ~ 30 мм. вод. ст. выходит в кабину и через верхние вентиляционные люки, расположенные в крыше, и вентиляционные окна в передней части кабины выходит наружу. Вентиляционные люки могут быть закрыты специальными крышками. Наличие избыточного давления в кабине решает также проблему борьбы с запыленностью.

На рабочих местах операторов имеются также индивидуальные вентиляторы, которые крепятся на поворотных кронштейнах и могут быть установлены в любом положении.

В зимнее время кабина обогревается электропечью мощностью 6 квт. Электропечь подключается к разъему, установленному в передней части полуприцепа. Длина соединительного кабеля позволяет ставить электропечь для работы в любом месте кабины.

8.6. Конструкция шкафов и блоков

Вся аппаратура кабины А52 и антенного поста А51 (аппаратура кабины КА-100, за исключением токосъемника и приводов) размещается в шкафах, имеющих типовую каркасную конструкцию. Все типовые шкафы имеют одинаковую конструкцию и различаются только по расположению горизонтальных отсеков в зависимости от размеров блоков по высоте.

Размеры типового каркаса: высота 1522, ширина 700, глубина 565 мм. (см. рис. 8.18). Каркас выполняется сваркой из профилей (материал АМГ-6). Каждый отсек имеет направляющие, по которым вставляется блок. Отсеки разделены между собой перфорированными перегородками, способствующими эффективному распределению охлаждающего воздуха, подводимого через вентиляционные отверстия поддона нижнего отсека. Система перегородок обеспечивает последовательное движение воздуха по отсекам и боковой обдув блоков. Для выпуска нагретого воздуха в верхней плоскости шкафа имеется отверстие, снабженное сеткой.

Для присоединения шкафов к монтажу кабины сверху каркаса имеется коробка с клеммными платами. Кабели вводятся через отверстия в верхней стенке коробки. Конструкция шкафа и его электромонтаж позволяют выдвигать блоки во включенном состоянии, т.е. без отсоединения кабельных жгутов. Это достигается тем, что кабельные жгуты имеют достаточную длину для выдвижения блока и укладываются в специальные держатели-гусеницы, предохраняющие жгуты от спутывания и механических повреждений. Держатели расположены по бокам шкафа и закреплены на его передних стойках, несущих неподвижно закрепленные жгуты.

Блок подключается к шкафу через специальные разъемы. Фиксирование блока в шкафу производится с помощью штырей, закрепление винтами, пропущенными сквозь ручки блока. На шкафах имеются штыри для установки съемного столика, поддерживающего выдвинутый блок.

Шкафы крепятся на подставках кабины посредством резинометаллических амортизаторов, расположенных в основании шкафа (4 шт.) и на задней стенке (2 шт.).

Значительная часть аппаратуры кабины А52 и часть аппаратуры кабины А50 выполнена на полупроводниковых элементах. Основной тип шасси для аппаратуры, спроектированной с применением модулей, имеет высоту 125 мм. Специфические блоки, которые по объему не могут быть размещены на этом шасси (индикаторные, управления и т.д.) имеют высоту кратную 125 мм.

Шасси типовых блоков имеют штампованную переднюю панель из алюминиевого сплава, горизонтальную панель и два боковых кронштейна из алюминиевого литья. На боковых поверхностях блока делаются упоры, которые служат для предотвращения выпадания блока при выдвижении. На задней стенке установлены комбинированные разъемы низкой и высокой частоты. На передней панели размещаются элементы управления и сигнализации, снабженные соответствующими пояснительными планками с надписями. Типовой полупроводниковый блок показан на рис.8.19 и 8.20.

Стандартным модулем для полупроводниковой аппаратуры принят модуль с размерами 70 x 124 мм. Размер модуля определен из наиболее

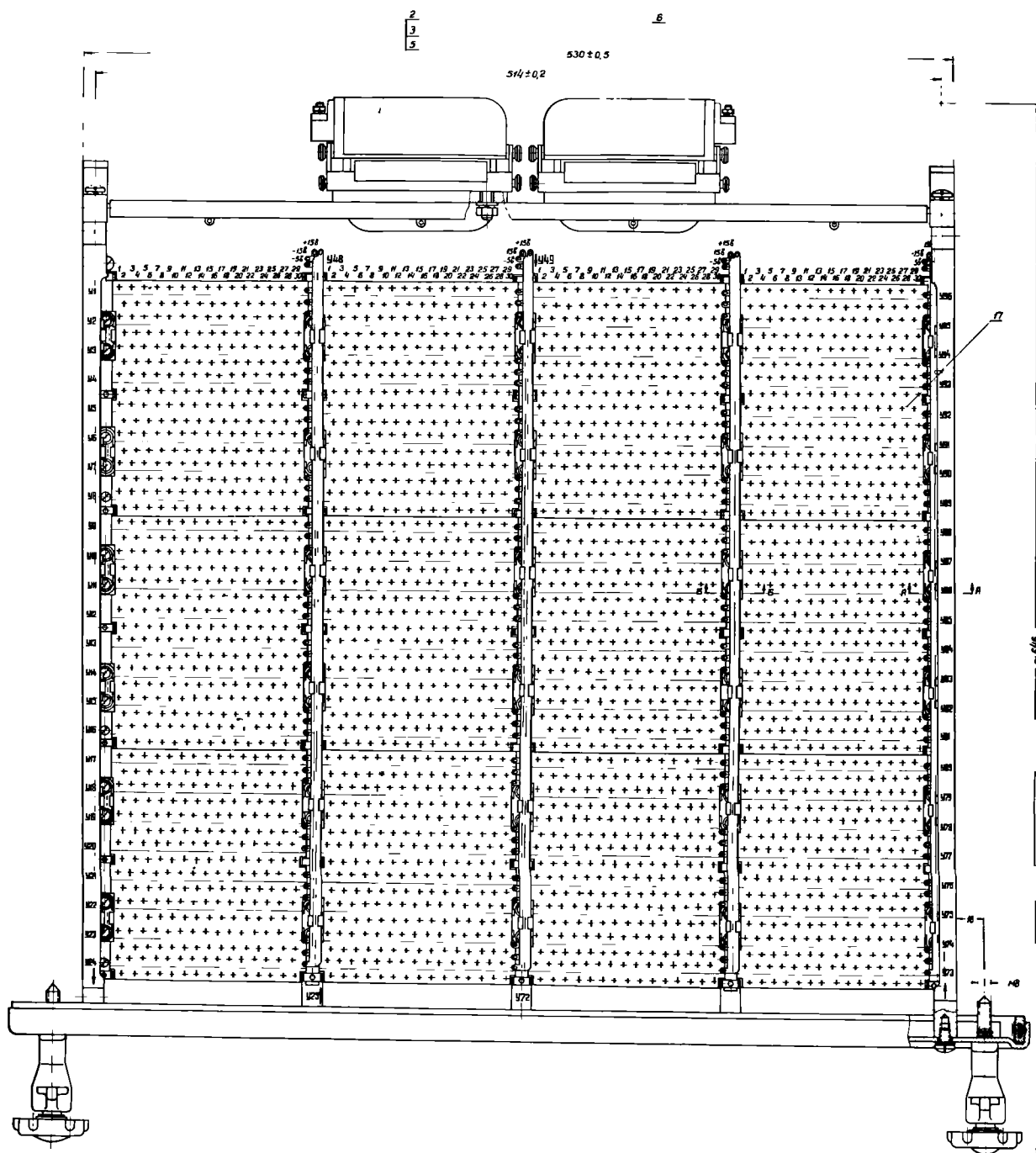
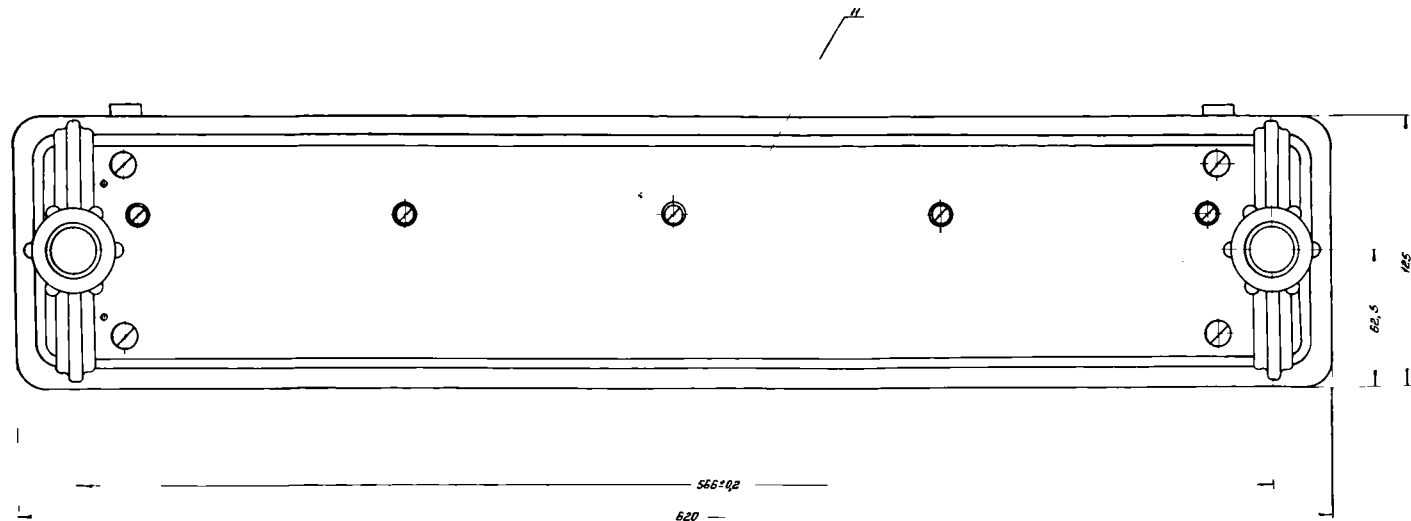


Рис. 8.19. Шасси блока на полупроводниковых устройствах
вид сверху



Вид сзади

Ответные части разъемов условно не показаны,

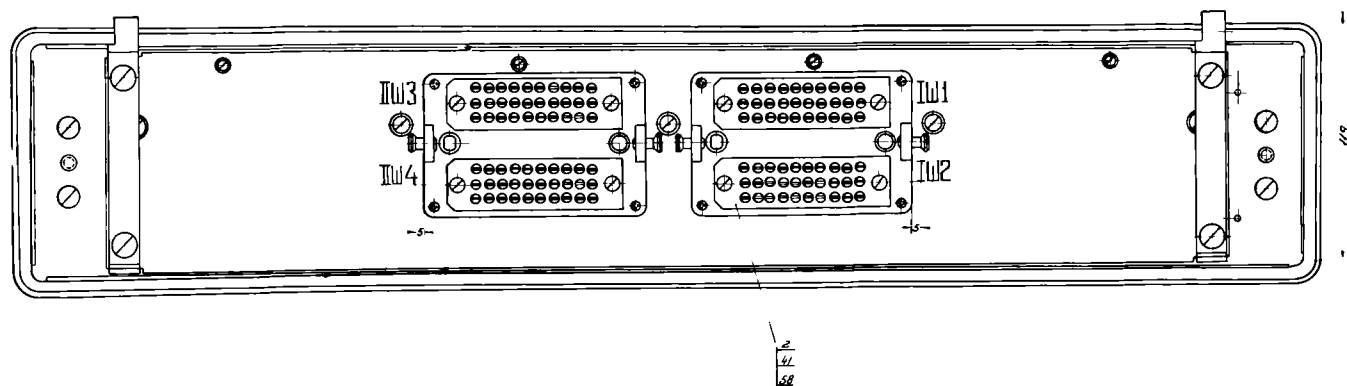


Рис. 8.20. Шасси блока на полупроводниковых устройствах.
вид спереди и со стороны разъемов

рационального деления схем аппаратуры СПК на отдельные узлы с учетом наибольшего заполнения объема блоков и уменьшения количества паек на платах, объединяющих модули. Конструкция типовых шкафов блоков и модулей обеспечивает их взаимозаменяемость в случае выхода из строя и имеет максимально возможную преемственность от ранее разработанных конструкций полупроводниковой аппаратуры.

8.7. Время развертывания СПК, ПАЗ и ПХЗ

Приведение кабины А52 из походного состояния в боевое заключается в установке кабины на позиции и подключению кабелей внешних связей кабины, что занимает время не более 2-3 час. Сборка антенного поста А51 на подготовленной бетонированной площадке $8 \times 8 \text{ м}^2$ производится по методике описанной в разделе 8.2 и занимает время не более 8 часов. Свертывание антенного поста производится за 6 часов.

ПАЗ и ПХЗ для обслуживающего персонала обеспечивается герметичной конструкцией полуприцепа "828" и применением серийной универсальной фильтро-вентиляционной установки (ФВУ), производящей очистку необходимого количества воздуха.

Защита от светового излучения, возникающего при атомном взрыве, осуществляется путем введения специальных покрытий полуприцепа, стойких к воздействию светового потока интенсивностью до 16 ккал/см^2 .

Защита персонала от радиоактивных осадков и химического оружия обеспечивается также использованием индивидуальных средств защиты, которыми снабжаются боевые расчеты.

Конструкция кабин А51 и А52 обеспечивает работоспособность при воздействии ударной волны при ядерном взрыве с избыточным давлением во фронте волны $\Delta P_f = 0,05 \text{ кг/см}^2$. Запас прочности при этом составляет величину 1,6.

Глава 9.

СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАКЕТА РАДИОЛИНИИ УПРАВЛЕНИЯ

9.1. Назначение испытаний

Стендовые испытания макета радиолинии управления и запроса ответчика проводились с целью проверки функционирования основных элементов радиолинии при принятой структуре сигнала и выбранном построении аппаратуры.

На стенде проверялись:

- формирование сигнала одного канала радиолинии на частоте "подставки" передающего устройства,
- работа фазового детектора с фильтром для выделения опорного сигнала,
- формирование импульсов, необходимых для работы цифровой части дешифратора,
- работа системы формирования импульсов запуска ответчика (с использованием четырёх вышних шкал).

9.2. Аппаратура стенда

Стенд для проведения испытаний содержал следующую аппаратуру (рис.9.1):

Преобразующее устройство (ПУ) шифратора, формирующее символы полного сигнала одного канала цифровой радиолинии при фиксированном значении команд. Набор пяти 12-разрядных слов информации производился вручную с помощью тумблеров наборного поля. Преобразующее устройство размещалось в двух полупроводниковых блоках (блок счётчиков с дешифраторами и блок сдвигающего регистра), выполненных на типовых модульных печатных платах.

Кодирующее устройство (КУ) шифратора, в котором производилась частотная манипуляция поднесущей, поступающей на фазовый модулятор,

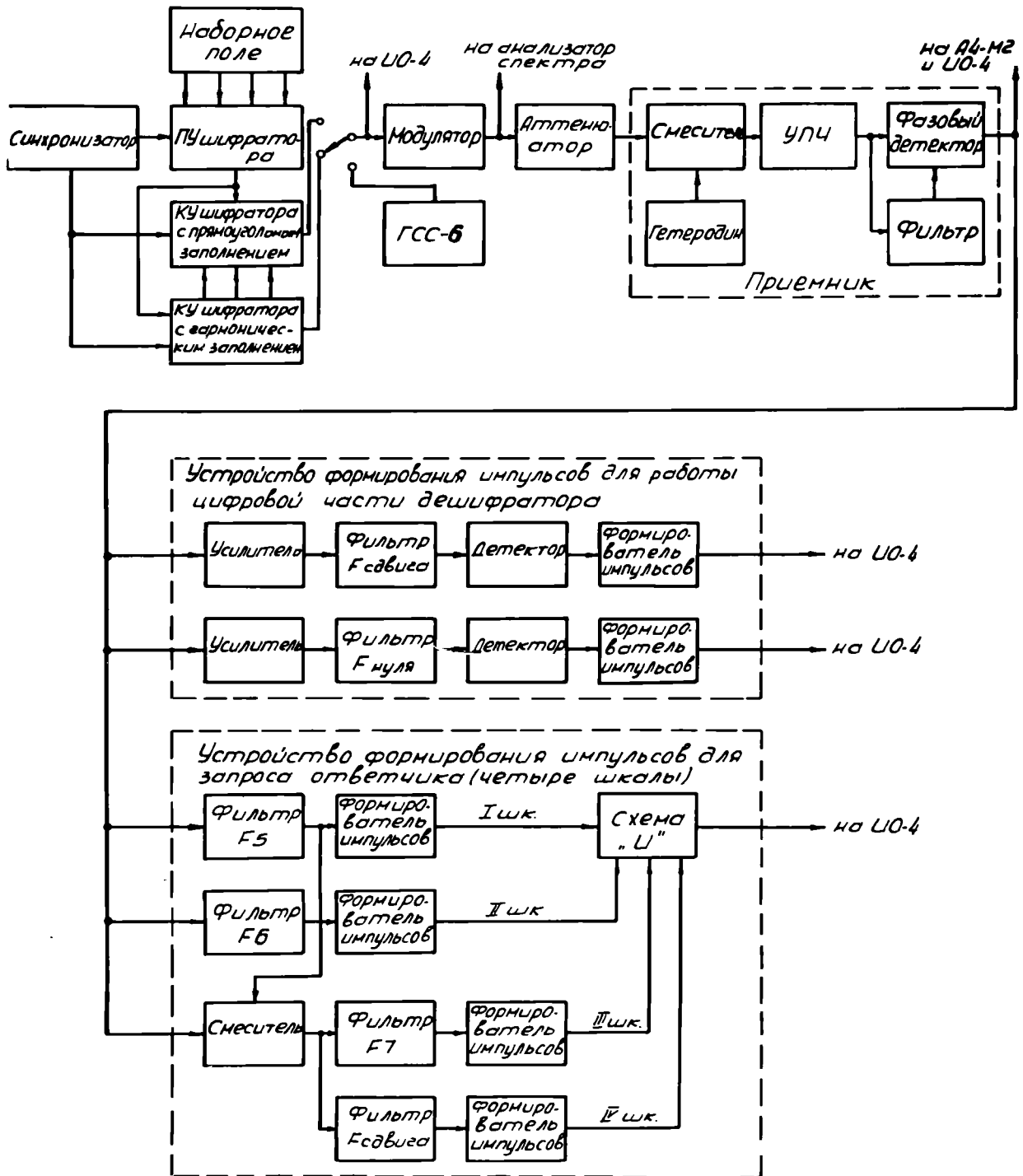


Рис. 9.1. Блок-схема стенда

символами двоичной информации и символами, обеспечивающими формирование импульсов запуска ответчика.

На стенде были представлены два типа КУ шифратора:

- с гармоническим заполнением символов;
- с прямоугольным заполнением символов.

В состав КУ шифратора первого типа входили следующие узлы:

- генераторы гармонических колебаний;
- селектирующие каскады;
- суммирующее устройство - усилители с общей анодной нагрузкой.

От преобразующей части шифратора на КУ шифратора поступали импульсы, соответствующие следующим символам:

- "I" - единиц;
- "O" - нулей;
- "Ot" - отсчётов слов;
- "C" - сдвигов, для разделения разрядов информации.

От синхронизатора на КУ шифратора поступали прямоугольные импульсы со скважностью, равной 2, (меандры) с частотами повторения:

$$F_5 = 300 \text{ кгц},$$

$$F_6 = 75 \text{ кгц}.$$

Частоты заполнения символов определялись имеющимися кварцевыми резонаторами и с учётом того, что частота сдвигов должна совпадать с частотой F_5 . Частоты, соответствующие единицам (F_1), нулям (F_0) и отсчётам (F_3) были выбраны следующими:

$$F_1 = 250 \text{ кгц}; \quad F_0 = 180 \text{ кгц}; \quad F_3 = 230 \text{ кгц}.$$

Гармонические колебания с частотами F_5 и F_6 выделялись из приходящих от синхронизатора прямоугольных сигналов (меандров) при помощи резонансных усилителей, настроенных на эти частоты и использовались для формирования структуры десятого слова в кодирующем устройстве.

Для кодирования с заполнением меандрами гармонические колебания с частотами F_1 , F_0 и F_3 ограничивались на инверторах, селектировались стробами соответствующих символов и подавались на сборку (схему "ИЛИ"). Меандры с частотами F_5 и F_6 , приходящие из синхро-

низатора для формирования десятого слова, селектировались стробами символов в соответствии со структурой сигнала и подавались на ту же сборку "ИЛИ".

Кодирующее устройство шифратора с гармоническим заполнением символов размещалось в одном ламповом блоке. КУ шифратора с прямоугольным заполнением символов занимало часть полупроводникового блока.

Синхронизатор, обеспечивающий работу преобразующего и кодирующего устройств шифратора. В качестве задающего генератора синхронизатора был взят кварцевый генератор с кварцем на частоту 600 кГц.

На ПУ шифратора синхронизатор выдавал частоту кадров $F_k = 4,2 \text{ кГц}$. На КУ шифратора синхронизатор давал прямоугольные импульсы (меандры) с частотами $F_5 = 300 \text{ кГц}$ и $F_6 = 75 \text{ кГц}$, а также огибающую поднесущей в десятом слове для формирования сигнала запроса ответчика.

Синхронизатор размещался в 1,5 типовых полупроводниковых блоках и был выполнен на типовых модулях.

Фазовый модулятор, формирующий сигнал на частоте 36 мГц с индексом модуляции около 1,2. В блоке фазового модулятора размещались следующие устройства:

- кварцевый генератор на 12 мГц;
- модулирующее устройство, построенное по методу изменения параметров колебательного контура. В качестве элемента, обеспечивающего изменение реактивного сопротивления, применены полупроводниковые диоды типа Д-807;
- умножитель частоты на 3 для получения индекса модуляции $1,0 \div 1,4$;
- усилитель для получения напряжения с выхода фазового модулятора около 1в.

В блоке фазового модулятора имелась регулировка амплитуды модулирующего сигнала, поступающего с кодирующего устройства шифратора, и амплитуды выходного сигнала. Для выбора рабочей точки на линейном участке фазовой характеристики через потенциометр на аноды диодов задавалось отрицательное смещение.

Макет бортового приёмника без в.ч. части. Для регулировки сигнала на его входе между модулятором и приёмников был установлен аттенуатор, регулирующий затухание сигнала 0÷80 дб через 10 дб.

В состав приёмника входили следующие узлы:

- гетеродин на 4I мггц,
- смеситель для понижения промежуточной частоты с 36 мггц до 5 мггц,
- 6 каскадов УПЧ,
- фазовый детектор,
- фильтр с полосой 60 кгц для выделения из сигнала колебания на частоте 5 мггц, подаваемого на фазовый детектор в качестве опорного сигнала; в качестве фильтра использовался 3-х каскадный резонансный усилитель,
- видеоусилитель, обеспечивающий выходной сигнал с эффективным значением I÷I0в.

Устройства формирования импульсов нулей и сдвигов, необходимых для работы цифровой части бортового дешифратора.

На стенде были исследованы два канала формирования импульсов из символов, заполненных частотами $F_0 = 180$ кгц и $F_5 = 300$ кгц.

На входе каждого канала находился усилитель с фильтрами полосой 8 кгц, настроенными на соответствующую частоту поднесущей. Гармонические колебания, выделенные фильтром, детектировались линейным детектором и подавались на формирователь импульсов. Формирование импульсов производилось на полупроводниковых инверторах и импульсном трансформаторе.

Оба канала устройства формирования импульсов были выполнены на микромодульных элементах.

Устройство формирования импульсов запроса ответчика, предназначенное для формирования из пятишкальной системы синусоидального запросного сигнала пачек импульсов для запуска бортового ответчика.

На стенде исследовалась работа только четырёх шкал этого устройства.

Колебания первой шкалы частотой 300 кгц выделялись усилителем с кварцевым фильтром F 5. Формирование импульсов производилось путем усиления, ограничения, дифференцирования и запуска ждущего блокинг-

генератора.

Колебания второй шкалы частотой 75 кгц выделялись аналогично усилителем с фильтром F 6. Для регулировки положения стробов второй шкалы использовалось фазосдвигающее устройство - бесконтактный индукционный фазовращатель. После фазовращателя колебания II шкалы усиливались и подавались на диодную схему, где производилась отсечка верхней части положительной полуволны синусоидального напряжения. После усиления получившиеся импульсы использовались для стробирования импульсов I шкалы.

Для выделения сигнала третьей шкалы (с частотой 12,5 кгц) производилось смещение выходного сигнала приёмника с сигналом I шкалы, получаемым после фильтра F 5 и затем фильтрация. Формирование строба III шкалы осуществлялось аналогично формированию строба II шкалы. Строб III шкалы затем подавался на селектор совместно с результатом совпадения импульсов I и II шкал. После фазоинвертора полученный импульс селектировался импульсами четвёртой шкалы.

Выделение напряжения четвертой шкалы с частотой 2,1 кгц и формирование из него строба IV шкалы производилось так же, как и в случае III шкалы.

Макет устройства формирования импульсов запроса был выполнен на лампах серии "Дробь".

Полупроводниковые блоки, содержащие ПУ шифратора, синхронизатор и КУ шифратора с заполнением меандрами располагались в типовом полупроводниковом шкафу. Питание шкафа осуществлялось от блока питания, собранного на ячейках ПСН. Блок обеспечивал: ± 15 в (10а) и -5в (5а).

Блок КУ шифратора с синусоидальным заполнением символов питался от отдельного выпрямителя типа УИП-1. С этого выпрямителя снималось напряжение $+125$ в. Смещение -5в на блок подавалось с блока питания полупроводникового шкафа.

Фазовый модулятор питался от отдельного выпрямителя КШ1202С с номиналами напряжений $+250$ в и $+120$ в.

Бортовой приёмник с фазовым детектором обслуживался специальным выпрямителем с напряжениями $+100$ в, -10 в, 6,3в. Макет устройства формирования импульсов, необходимых для работы бортового дешифратора, питался от выпрямителя НВ-3 с напряжением $\pm 6,3$ в, а макет устройства формирования импульсов запроса ответчика от выпрямителя СВ-140 с нап-

ряжениями +130в, -150в, 6,3в.

На стенде использовались следующие измерительные приборы:

- осциллограф ИО-4,
- анализатор спектра СЧ-8,
- ламповый вольтметр АЧ-М2,
- генератор стандартных сигналов ГСС-6.

9.3. Методика и результаты испытаний.

9.3.1. Спектр полного сигнала радиолинии на выходе фазового модулятора исследовался в двух случаях: при гармонической форме поднесущей на выходе шифратора и при её прямоугольной форме. На рис. 9.2 приведены осциллограммы выходного сигнала шифратора в обоих случаях.

Левая группа осциллограмм (рис.9.2 а,в,г) - для гармонической формы, правая группа - для прямоугольной. Две верхних осциллограммы показывают сигнал в продолжении нескольких слов информации, две следующих - часть 10-го слова, в котором передается сигнал запроса ответчика, а нижние осциллограммы показывают процесс частотной манипуляции поднесущей. При снятии осциллограммы, приведенной на рис. 9.2б, чтобы лучше показать границу слов информации, исключены символы "От".

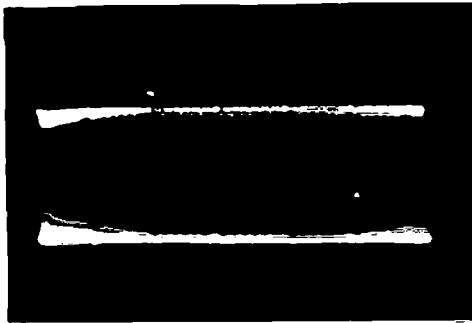
Исследование сигнала с прямоугольной формой поднесущей проводилось, чтобы:

- экспериментально выяснить влияние на работу радиолинии нелинейных искажений поднесущей, т.к. прямоугольный сигнал - предельный случай глубокого ограничения гармонического сигнала,

- сделать предварительную оценку возможности перехода на прямоугольную форму сигнала, поскольку это позволяет упростить аппаратуру шифратора и повысить стабильность параметров сигнала.

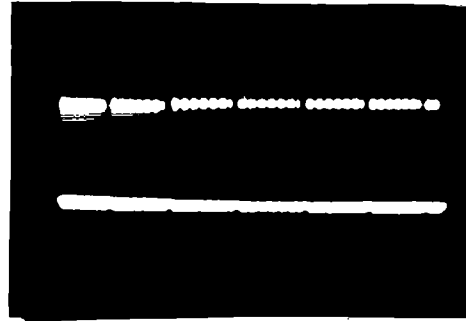
Испытания показали, что в случае прямоугольной формы поднесущей значительно проще обеспечить отсутствие паразитной амплитудной модуляции в сигнале.

ГАРМОНИЧЕСКАЯ ПОДНЕСУЩАЯ



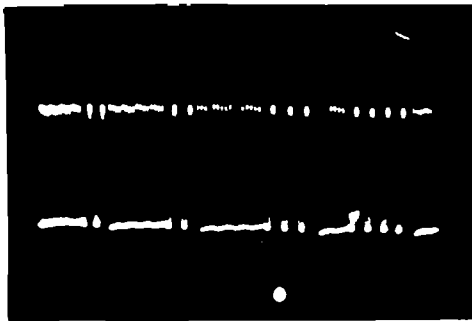
а

ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ПОДНЕСУЩАЯ

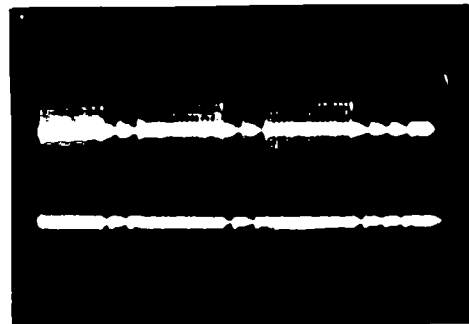


б

ПОЛНЫЙ СИГНАЛ

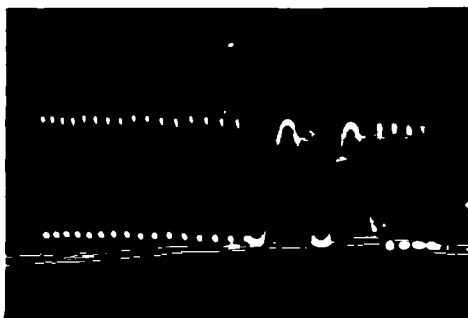


в

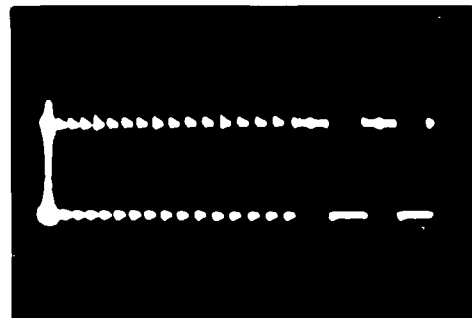


г

СИГНАЛ В 10-м СЛОВЕ



д



е

МАНИПУЛЯЦИЯ ПОДНЕСУЩЕЙ

Рис. 9.2. Сигнал на выходе шифратора

На рис.9.3 показаны полученные с помощью анализатора спектра СЧ-8 фотографии спектра сигнала на выходе модулятора. Четыре верхних спектрограммы приведены для случая модуляции полным сигналом со значениями индекса модуляции $m \approx 1,2$ и $1,4$, левые спектрограммы даны для гармонической, а правые - для прямоугольной формы поднесущей. Для сравнения на рис.9.3д,е показаны спектрограммы при ФМ непрерывным гармоническим сигналом со значениями $m \approx 1,0$ и $1,4$.

Установка величины индекса модуляции производилась по снижению уровня несущей в спектре по сравнению со случаем отсутствия модуляции:

- для $m = 1,0$ до 76%,
- для $m = 1,2$ до 67%,
- для $m = 1,4$ до 57%.

При значении $m = 1,2$ спектр сигнала на выходе модулятора имел на уровне 20 дБ ширину:

- при гармонической поднесущей около 1,2 мГц,
- при прямоугольной поднесущей около 1,5 мГц.

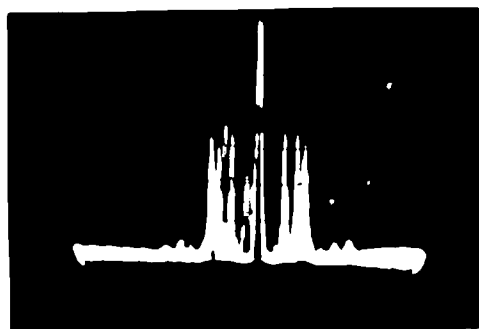
9.3.2. Работа приемного устройства исследовалась в ожидаемом динамическом диапазоне изменения входного сигнала. Кроме того, были отдельно сняты: частотная характеристика УПЧ, характеристика фазового детектора и регулировочная характеристика УПЧ.

На рис. 9.4 показана частотная характеристика УПЧ приёмника. Его полоса около 2 мГц. Этот УПЧ осуществляет основную селекцию сигнала (см.раздел 2 книги I). Качество ослабления сигналов соседних каналов иллюстрируется нанесенными на том же рисунке характеристиками приёмников соседних каналов (с расстройкой 3,5 мГц). Они перекрываются на уровне ниже 20 дБ.

Очевидно, что увеличение ширины спектра сигнала, отмеченное выше (с 1,2 мГц до 1,5 мГц) при переходе с гармонической к прямоугольной форме поднесущей не отразится практически на взаимных влияниях между каналами.

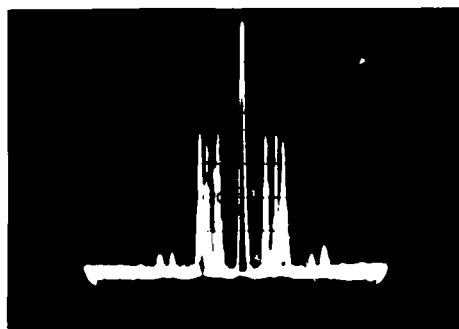
Характеристика фазового детектора, использованного в приёмнике, приведена на рис.9.5. Её максимальная крутизна 0,08 в/град, а размах 4,4в. При снятии характеристики фаза сигнала, имеющего частоту 5мГц, изменялась относительно опорного с помощью линии задержки.

ГАРМОНИЧЕСКАЯ ПОДНЕСУЩАЯ



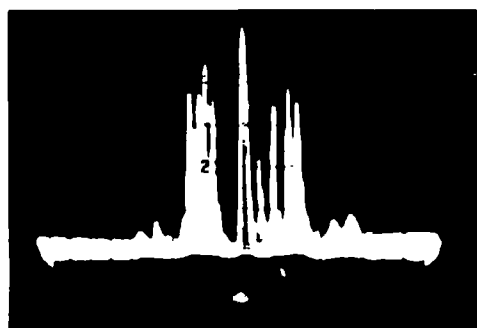
а

ПРЯМОУГОЛЬНАЯ ПОДНЕСУЩАЯ



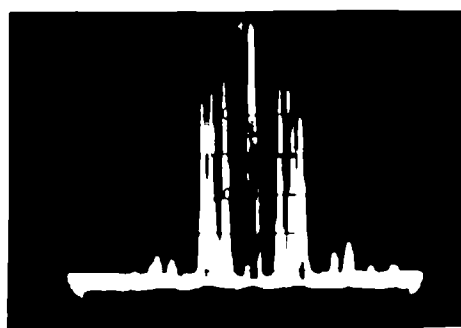
б

$m \approx 1,2$



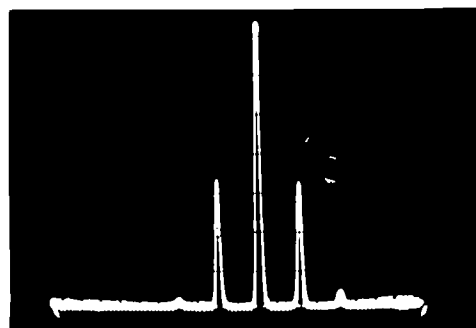
в

$m \approx 1,4$



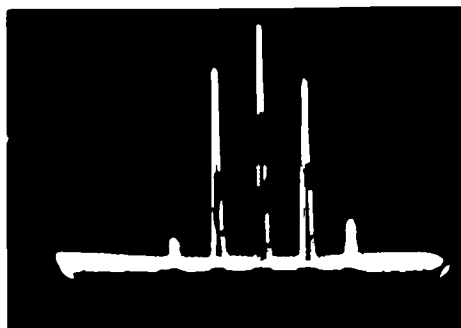
г

ФМ с частотой 300 кГц



д

$m \approx 1,0$



е

$m \approx 1,4$

Рис 9.3. Спектры сигнала на выходе модулятора

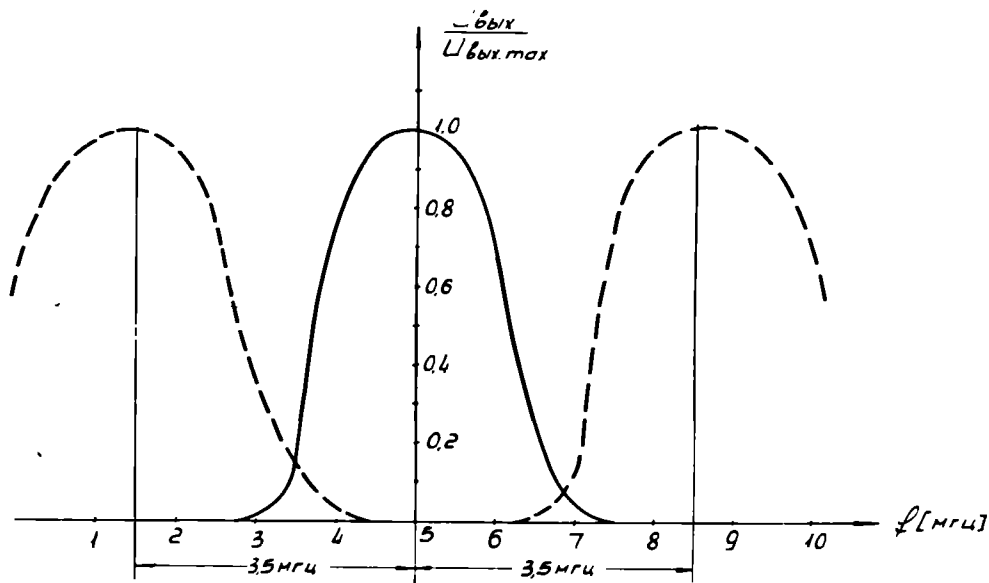


Рис. 9.4. Частотная характеристика макета УЛЧ приемника и характеристики соседних каналов

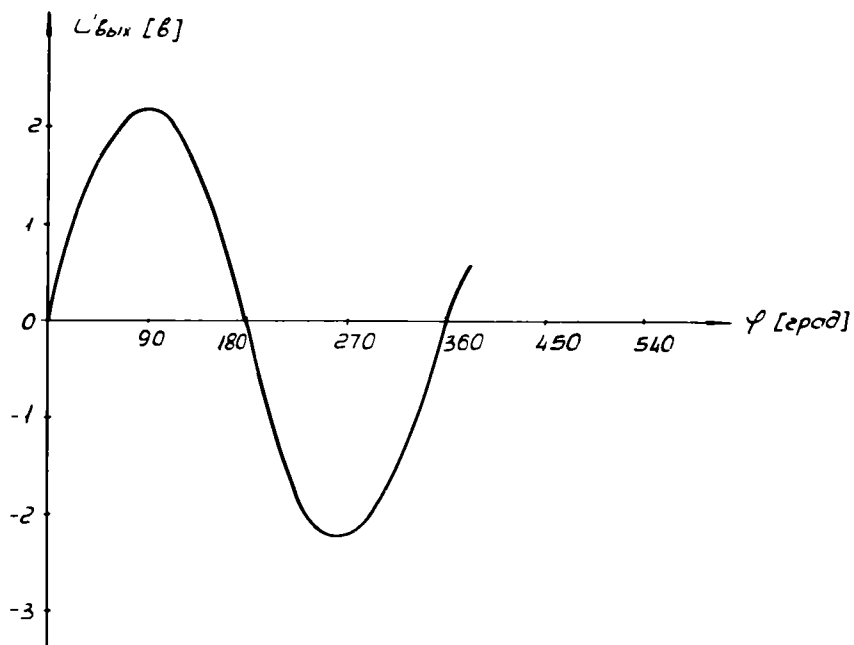


Рис. 9.5. Дискриминационная характеристика макета фазового детектора

На рис.9.6 показаны осциллограммы выходного напряжения приемника при подаче на его вход сигнала с выхода модулятора, на *левом* - при модуляции сигнала только гармонической поднесущей с частотой 300 кгц, а на *правом*-манипулированной поднесущей на участке 10-го слова.

Уменьшение выходного напряжения приёмника и наличие значительных нелинейных искажений при значении частоты модуляции : 75 кгц, по сравнению с 300 кгц, объясняется плохой селективностью фильтра, выделяющего опорное напряжение для фазового детектора. При расстройке в 80 кгц он давал ослабление только на 10 дб. В результате - кажущееся снижение индекса модуляции для низших частот модуляции. Селективность фильтра должна быть улучшена.

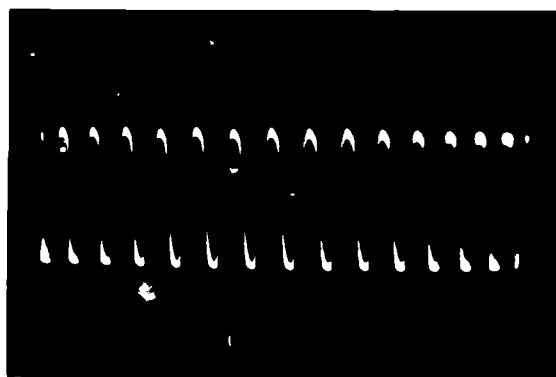
Уровень сигнала на входе приёмника $U_{\text{вх}}$ изменялся с помощью аттенуатора (рис.9.1).

В таблице 9.1. даны результаты снятия амплитудной характеристики приёмника. При этом сигнал модулировался поднесущей с частотой 300 кгц. На лампах УПЧ поддерживалось фиксированное смещение, равное -1,5в.

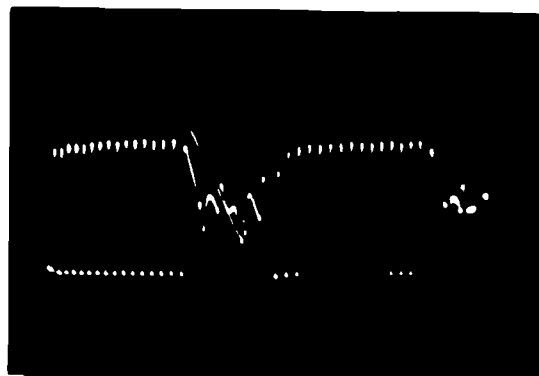
Таблица 9.1.

| $U_{\text{вх}}$ дб | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
|----------------------|------|-----|-----|-----|-----|
| $U_{\text{вых}}$ (в) | 13,5 | 7,1 | 4,4 | 3,5 | 2,7 |

Испытания показали, что при большом уровне сигнала (аттенуатор в положении 10 дб и меньше) появляются значительные нелинейные искажения выходного напряжения. Это показывает необходимость применения АРУ в приёмнике. В таблице 9.2 даны результаты измерения регулировочной характеристики приёмника. При её снятии изменялся уровень сигнала на входе приёмника и напряжение смещения $U_{\text{см}}$ на лампах УПЧ при поддержании постоянства выходного напряжения приёмника.

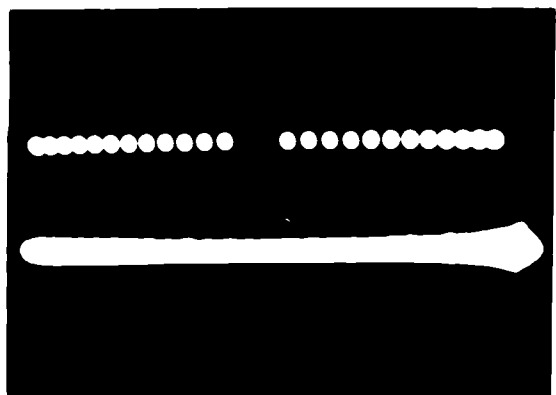


а. МОДУЛЯЦИЯ 300 КГЦ



б. НА УЧАСТКЕ 10-ГО СЛОВА

Рис. 9.6. Выходной сигнал приемника



а СДВИГА



б. НУЛЕЙ

Рис. 9.7. Импульсы для цифровой части дешифратора

Таблица 9.2.

| | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|
| $U_{\text{вх}}$ (дБ) | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 |
| $U_{\text{см}}$ (в) | -3,7 | -2,6 | -2,2 | -1,8 | -1,2 |

9.3.3. Устройство, формирующее импульсы для цифровой части дешифратора работало нормально при изменении сигнала на выходе приёмника в пределах 0,2-6,0в. Количество импульсов нулей и сдвигов на его выходе соответствовало количеству символов в сигнале. На рис. 9.7 даны осциллограммы импульсов на выходе устройства: сдвига (рис.9.7а) и нулей (рис.9.7б). Длительность импульсов 20 мксек, амплитуда 6в.

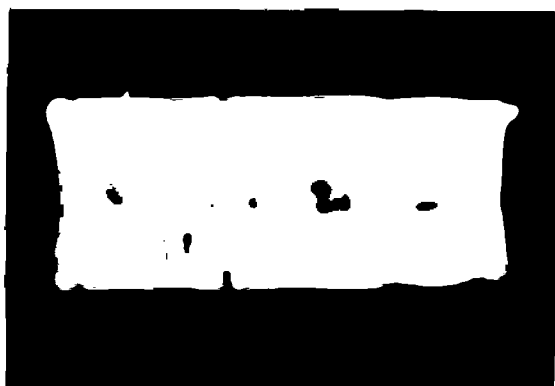
При уменьшении выходного сигнала приёмника ниже 0,2в наблюдалось выпадение отдельных импульсов, при увеличении выше 6в наблюдались ложные импульсы.

9.3.4. Макет устройства формирования импульсов запуска ответчика нормально функционировал при уровне сигнала на выходе приёмника не менее 1в. При переходе с гармонической формы поднесущей на прямоугольную его работа практически не изменялась.

На рис.9.8 показаны осциллограммы выходных напряжений, полученных после выделения фильтрами колебаний первых четырёх шкал. На рис. 9.9 даны полученные затем из них импульсы и строби I, II и IV шкал, а также ^{результат} совпадения импульсов всех шкал (рис.9.9 г). Импульсы совпадения имели:

- длительность 0,3 мксек,
- период следования 240 мксек.

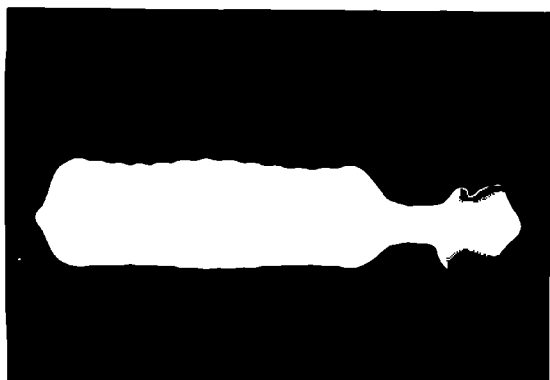
В результате испытаний удалось убедиться в работоспособности принятого варианта радиолинии и правильности основных принципов построения аппаратуры. Значительные нелинейные искажения сигнала, как показали качественные оценки, не сказываются на работе аппаратуры, однако это требует дополнительных измерений. При их положительных результатах возможен переход на прямоугольную форму сигнала поднесущей.



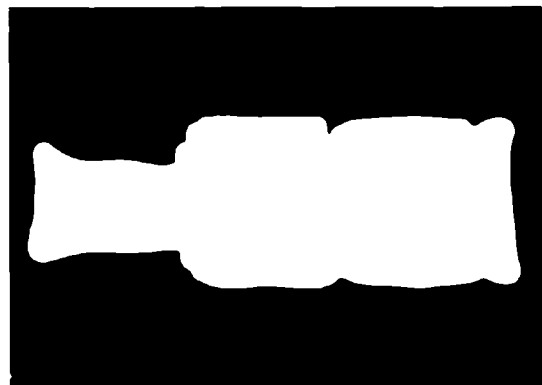
а. I ШКАЛА



б. II ШКАЛА

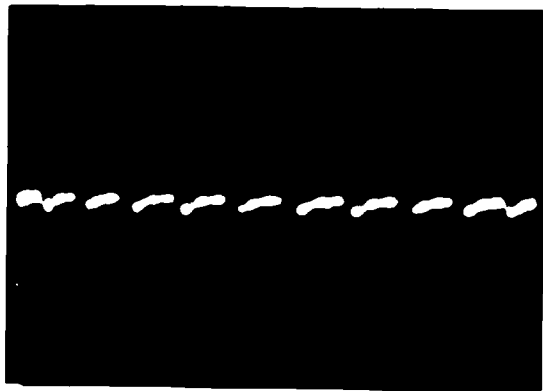


в. III ШКАЛА

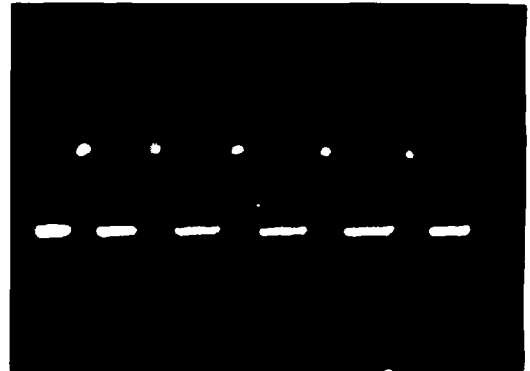


г. IV ШКАЛА

Рис. 9.8. Сигналы I-IV шкалы после фильтрации



а импульсы I шкалы



б стробы II шкалы



в стробы IV шкалы



г выходные импульсы

Рис. 9.9. Импульсы и стробы в устройстве формирования импульсов запуска ответчика.