

009987

У5-11

**УСИЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ
ПОСТОЯННОГО ТОКА
ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ**

Техническое описание
и инструкция по эксплуатации

Тг2.002.015 ТО

**УСИЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ
ПОСТОЯННОГО ТОКА
ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ У5-11**

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Тг2.002.015 ТО

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Введение	5
2. Назначение	5
3. Технические данные	7
4. Состав комплекта усилителя	11
5. Принцип действия	12
6. Маркирование и пломбирование	15
7. Общие указания по вводу в эксплуатацию.....	15
8. Меры безопасности	18
9. Порядок работы	19
10. Поверка усилителя	24
11. Конструкция	34
12. Описание электрической принципиальной схемы	35
13. Указания по устранению неисправностей	42
14. Правила хранения	43
15. Транспортирование	43
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Схемы маркировочные	44
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Карта рабочих режимов	47
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Намоточные данные трансформатора....	49
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Входной разъем усилителя	50
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Схема электрическая принципиаль- ная Тг2.002.015 ЭЗ	51
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Перечень элементов Тг2.002.015 ПЭЗ..	53

Общий вид усилителя

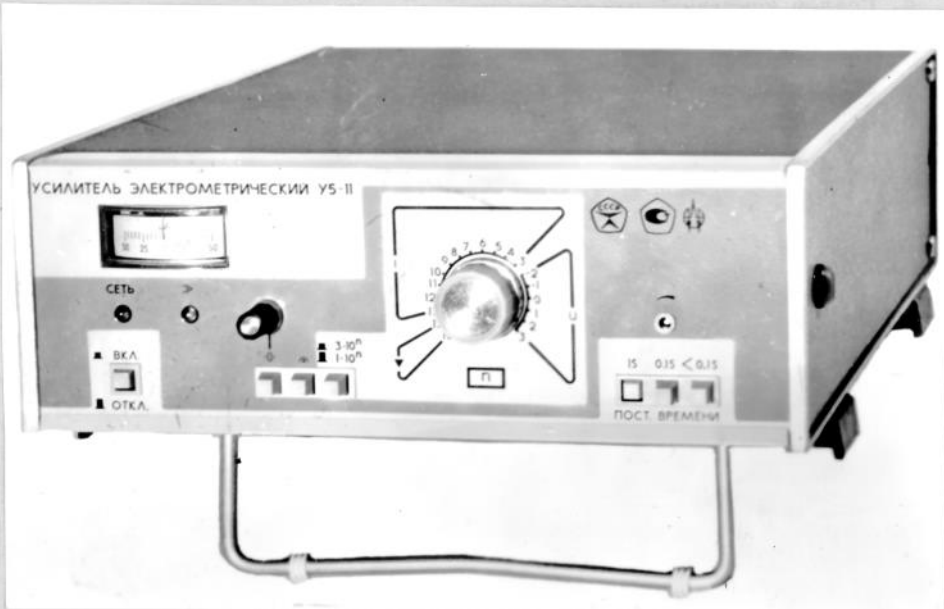


Рис. I

I. ВВЕДЕНИЕ

I.1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО) предназначены для ознакомления с принципом работы, устройством и конструкцией усилителя напряжения постоянного тока электрометрического У5-II с целью правильной его эксплуатации.

I.2. Общий вид усилителя напряжения постоянного тока приведен на рис. I.

2. НАЗНАЧЕНИЕ

2.1. Усилитель напряжения постоянного тока электрометрический У5-II Тг2.002.015 предназначен для согласования источника сигнала, имеющего большое выходное сопротивление, с регистрирующим устройством, имеющим низкоомный аналоговый вход.

2.2. Рабочими климатическими условиями являются:
 температура окружающего воздуха от 10 до 35 °С;
 атмосферное давление (84-106,7)кПа (630-800)мм рт.ст)
 относительная влажность воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

2.3. Усилитель работоспособен:

при питании от сети переменного тока частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц напряжением (220 ± 22) В;

при отсутствии толчков, вибраций, постоянных и переменных электрических полей напряженностью выше 0,1 В/м и магнитных

полей напряженностью $0,1 \text{ А/м}$.

2.4. Нормальными условиями применения усилителя являются:
температура окружающего воздуха $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$;

относительная влажность воздуха $(30-80) \%$ при температуре $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;

атмосферное давление $(84-106) \text{ кПа}$ ($630-795$) мм рт.ст.

напряжение питающей сети $(220 \pm 4,4) \text{ В}$, частота питающей сети $50 \pm 0,5$ Гц.

2.5. Усилитель сохраняет свои технические характеристики после воздействия предельных температур $50 \text{ }^\circ\text{C}$ и минус $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.6. Усилитель может быть использован:

в микроэлектронике при измерении параметров дискретных активных элементов и интегральных схем;

в физике при исследовании высокоомных физических объектов (диэлектриков и полупроводников), в ионизационных вакуумметрах и др.;

в медицине при измерении внутриклеточных потенциалов, при исследованиях с применением изотопов и др.;

в химии - в газовых хроматографах, газоанализаторах и др.;

в космических исследованиях при измерении электрических токов в атмосфере, при измерении концентрации аэроионов и др.

3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

3.1. Усилитель обеспечивает электрические параметры и характеристики по истечении времени установления рабочего режима, равного 30 мин.

3.2. Усилитель обеспечивает усиление в диапазоне:

токов от $1 \cdot 10^{-15}$ до $1 \cdot 10^{-2} \text{ А}$;

напряжений от $1 \cdot 10^{-4}$ до 200 В .

3.3. Коэффициент передачи устанавливается дискретно:

от $1 \cdot 10^3$ до $1 \cdot 10^{13} \text{ В/А}$ - при усилении токов;

от $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^3$ - при усилении напряжений.

3.4. Основная погрешность коэффициента передачи по току в процентах не превышает:

$\pm [2,5 + 0,1 (\frac{I_k}{I} - 1)]$ - для коэффициентов передачи от 10^{10} до 10^{13} В/А ;

$\pm [1 + 0,1 (\frac{I_k}{I} - 1)]$ - для коэффициентов передачи от 10^3 до $3 \cdot 10^9 \text{ В/А}$;

$$I_k = \frac{U_{\text{вх}}}{K}, \quad U_{\text{вх}} = 10 \text{ В},$$

где I_k - значение входного тока, А;

I_k - конечное значение входного тока для данного поддиапазона, А;

K - коэффициент передачи.

3.5. Основная погрешность коэффициента передачи по напряжению в процентах не превышает:

$\pm [0,25 + (\frac{U_k}{U} - 1)]$ - для коэффициентов передачи 300 и 1000;

$\pm [0,25 + 0,1 (\frac{U_k}{U} - 1)]$ - для коэффициентов передачи 0,01-100;

$$U_k = \frac{U_{\text{вх}}}{K},$$

где U_k - конечное значение входного напряжения для данного поддиапазона, В;

U_x - значение входного напряжения, В;

$U_{\text{вых}}$ - конечное значение выходного напряжения;

$U_{\text{вых}} = 10$ В;

K - коэффициент передачи.

3.6. Дополнительная погрешность коэффициента передачи от изменения температуры на каждые 10°C не превышает основной погрешности.

3.7. Среднее квадратическое значение шума при максимальном времени установления показаний в режиме усиления тока не превышает $2 \cdot 10^{-16}$ А при коэффициенте передачи $1 \cdot 10^{13}$ В/А и 20 мкВ в режиме усиления напряжения.

3.8. Среднее квадратическое значение шума в режиме усиления тока при коэффициенте передачи $1 \cdot 10^{13}$ В/А, при сопротивлении исследуемого объекта $1 \cdot 10^{10}$ Ом и емкости 100 пФ, не превышает $1 \cdot 10^{-14}$ А.

3.9. Количество выбросов показаний усилителя в режиме усиления токов при коэффициенте передачи $1 \cdot 10^{12}$ В/А не превышает 15 за 1 ч.

3.10. Температурная нестабильность нулевого уровня усилителя на каждые 10°C изменения температуры не превышает 1,5 мВ.

3.11. Паразитный ток усилителя при усилении токов не превышает $1 \cdot 10^{-14}$ А.

3.12. Входное сопротивление усилителя в режиме усиления напряжения не менее 10^{14} Ом (без входного кабеля).

Значения входного сопротивления усилителя в режиме усиления тока не более:

10^8 Ом на диапазонах 10^{12} - 10^{13} В/А;

10^6 Ом на диапазонах 10^{10} - $3 \cdot 10^{11}$ В/А;

10^4 Ом на диапазонах 10^8 - $3 \cdot 10^9$ В/А;

10^2 Ом на диапазонах 10^6 - $3 \cdot 10^7$ В/А;

1 Ом на диапазонах 10^4 - $3 \cdot 10^5$ В/А;

0,01 Ом на диапазонах 10^2 - $3 \cdot 10^3$ В/А

Входная емкость усилителя не превышает 10 пФ (без входного кабеля).

3.13. Время установления показаний усилителя в режиме усиления напряжения не превышает 0,005 с.

Время установления показаний усилителя в режиме усиления тока не превышает:

0,005 с при коэффициенте передачи от $1 \cdot 10^3$ до $3 \cdot 10^7$ В/А;

0,05 с при коэффициенте передачи от $1 \cdot 10^8$ до $3 \cdot 10^{11}$ В/А;

0,5 с при коэффициенте передачи от $1 \cdot 10^{12}$ до $1 \cdot 10^{13}$ В/А.

В усилителе предусмотрена возможность плавного увеличения постоянной времени до значения не менее 3 с при работе в режиме усиления тока при коэффициенте передачи $1 \cdot 10^{12}$, $1 \cdot 10^{13}$ В/А, а также дискретная установка постоянной времени 0,1 с и 1 с на всех остальных поддиапазонах в режиме усиления тока и напряжения.

3.14. Пределы изменения выходного напряжения усилителя - от минус 10 до +10 В при сопротивлении нагрузки не менее 2 кОм.

3.15. Нелинейность амплитудной характеристики усилителя в режиме усиления напряжения не превышает 0,1 % от номинального значения выходной величины.

3.16. Электрическая изоляция цепи питания усилителя выдерживает в течение 1 мин без пробоя испытательное напряжение переменного тока частотой 50 Гц, действующим значением 1,5 кВ. Со-

противление изоляции указанной цепи усилителя относительно корпуса не менее 20 МОм.

3.17. Мощность, потребляемая усилителем от сети при номинальном напряжении, не превышает 10 В.А.

3.18. Усилитель допускает непрерывную работу в рабочих условиях в течение 24ч. При этом временная нестабильность нулевого уровня по напряжению, приведенная ко входу, не превышает:

± 3 мВ за первые 1,5ч (по истечении времени установления рабочего режима 30 мин.) ;

± 3 мВ за последующие 23ч, причем временная нестабильность нулевого уровня за любой час не превышает $\pm 0,5$ мВ.

Временная нестабильность нулевого уровня в режиме усиления тока не превышает:

$\pm 5 \cdot 10^{-15}$ А за первые 1,5ч (по истечении времени установления рабочего режима 30 мин.) ;

$\pm 5 \cdot 10^{-15}$ А за оставшееся время.

Примечание. Время непрерывной работы не включает в себя время установления рабочего режима усилителя.

3.19. Время перерыва до повторного включения по истечении времени непрерывной работы не превышает 30 мин.

3.20. Усилитель обеспечивает компенсацию фоновых токов от внешнего источника напряжения до значения $I_{\phi} I_{вх.ном}$.

3.21. Напряжение промышленных радиопомех не превышает:

80 дБ на частоте от 0,15 до 0,5 МГц;

74 дБ на частоте от 0,5 до 2,5 МГц;

66 дБ на частоте от 2,5 до 30 МГц.

3.22. Нарботка усилителя на отказ не менее 8000ч.

3.23. Габаритные размеры усилителя 328x228x95 мм, не более.

3.24. Масса усилителя 3,5 кг, не более.

4. СОСТАВ КОМПЛЕКТА УСИЛИТЕЛЯ

Наименование	Обозначение	Кол.	Примечание
Усилитель напряжения постоянного тока электрометрический У5-II	Тг2.002.015	I	
Комплект эксплуатационной документации:			
Техническое описание и инструкция по эксплуатации	Тг. 2.002.015 ТО	I	
Формуляр	Тг2.002.015 ФО	I	
Запасные части:			
Вставка плавкая ВП-I-0,25А 250 В АГО.48I.303 ТУ		5	
Принадлежности:			
Переход	Тг5.433.026	I	
Кабель	Тг4.854.586	I	
Отвертка 7810-0301 ГОСТ 17199-71		I	
Упаковка	Тг4.170.235	I	

5. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Измерение тока с помощью электрометрического усилителя производится по методу падения напряжения на резисторе, включенном в цепь отрицательной обратной связи.

Необходимый диапазон измерений обеспечивается измерительными резисторами R3-R6, R10, R11 (Тг2.002.015 ЗВ).

Структурная схема электрометрического усилителя, поясняющая взаимосвязь всех частей усилителя, приведена на рис.2.

Входной преобразователь предназначен для создания на выходе усилителя сигнала, пропорционального измеряемому напряжению и имеющего достаточный уровень и мощность для дальнейшего усиления. В качестве входного преобразователя применена согласованная пара МОП - транзисторов.

Защита МОП - транзисторов от электрических перегрузок осуществляется схемой защиты.

Поскольку резисторы типа КВМ (10^{12} и 10^{10} Ом), используемые в усилителе в качестве измерительных, имеют недостаточную стабильность, то в приборе применена периодическая их калибровка с использованием источника опорного напряжения.

Коммутация измерительных резисторов осуществляется электрометрическим коммутатором.

Дальнейшее усиление сигнала осуществляется с помощью основного усилителя. Основной усилитель вместе с входным преобразователем охватывается 100-процентной отрицательной обратной связью.

Минимально допустимое напряжение для МОП - транзисторов, применяемых во входном каскаде, не превышает 25 В.

Структурная схема электрометрического усилителя

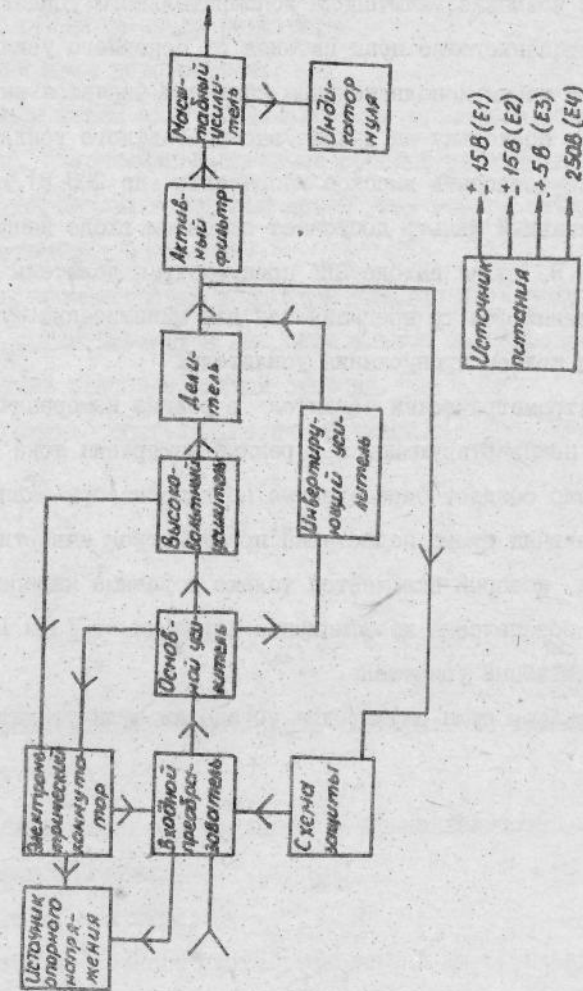


Рис.2

Так как усилитель работает в режиме повторителя напряжения, то расширение его динамического диапазона по напряжению до 100-200 В возможно включением дополнительного усилительного каскада, развязанного по цепи питания от основного усилителя. В нашем случае таким дополнительным каскадом является высоковольтный усилитель. Поскольку на выходе высоковольтного усилителя (ВВУ) может присутствовать высокое напряжение (до 200 В), а следующий за ВВУ активный фильтр допускает на своем входе напряжение не более ± 10 В, то на выходе ВВУ предусмотрен делитель напряжения.

Активный фильтр предназначен для минимизации шумов путем изменения полосы пропускания усилителя.

Электронметрический усилитель в режиме измерения напряжения является неинвертирующим, а в режиме измерения тока — инвертирующим, что создает определенные неудобства при эксплуатации. Для устранения этого недостатка предусмотрен инвертирующий усилитель, который включается только в режиме измерения тока.

Для обеспечения коэффициента передачи от 1 до 1000 предназначен масштабный усилитель.

Индикатор нуля служит для установки нуля усилителя.

6. МАРКИРОВАНИЕ И ПЛОМБИРОВАНИЕ

6.1. На передней панели усилителя в верхнем правом углу указаны: государственный Знак качества; знак Государственного реестра; товарный знак изготовителя; в верхнем левом углу — наименование (условное обозначение); надписи, поясняющие назначение органов управления.

На задней панели в верхнем левом углу указан заводской номер и год выпуска усилителя.

6.2. Для пломбирования усилителя под винты, крепящие боковые стенки, устанавливаются две специальные пломбировочные чашки, по одной пломбе с каждой стороны.

Пломбирование осуществляется мастикой.

7. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВВОДУ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

7.1. Распаковывание и повторное упаковывание усилителя и принадлежностей

7.1.1. Распаковывание усилителя и принадлежностей производится следующим образом:

вскройте тарный ящик;

извлеките из тарного ящика упаковочный лист, эксплуатационную документацию, принадлежности и картонную коробку, заваренную в чехол и обернутую бумагой;

внимательно ознакомьтесь с разделом 7 " Общие указания по вводу в эксплуатацию";

дальнейшую распаковку производите в рабочих условиях эксплуатации;

вскройте картонную коробку и извлеките из нее усилитель; вскройте чехол с принадлежностями при необходимости.

7.1.2. Повторную упаковку произведите в рабочих условиях эксплуатации:

поместите усилитель в картонную коробку, обложив его картоном, с целью недопустимости перемещения усилителя в коробке;

обклейте коробку лентой;

коробку заварите в полиэтиленовый чехол и оберните бумагой;




поместите упаковку в тарный ящик вместе с принадлежностями, обернутыми бумагой;

эксплуатационную документацию уложите в тарный ящик со стороны крышки;

заполните свободное место в тарном ящике картоном;

закрепите крышку тарного ящика и скрепите его стальной лентой.

7.1.3. На передней и боковой стенках тарного ящика нанесены надписи, оговаривающие необходимое обращение при транспортировании и погрузке.

Тарный ящик имеет маркировку: "  ", "  ", "  ".

7.2. Порядок установки

После установки усилителя на рабочее место произведите внешний осмотр, в результате которого должно быть установлено соответствие усилителя следующим требованиям:


усилитель должен быть укомплектован в соответствии с разделом 4 ;

усилитель не должен иметь механических повреждений и неисправностей;

органы управления и регулирования должны действовать плавно и обеспечивать надежность фиксации.

7.3. Подготовка к работе

7.3.1. При работе с усилителем следует учитывать специфику электрометрических измерений и предпринимать ряд мер для получения достоверных результатов измерения и предупреждения выхода усилителя из строя.

7.3.2. Все коммутации и подключения изделия к источнику сигнала должны производиться при нажатой кнопке "  ".

7.3.3. При работе с усилителем необходимо обращать особое внимание на состояние изолятора входного разъема. Загрязнение изолятора приводит к резкому снижению его сопротивления при усилении напряжения и возрастанию уровня шумов при усилении токов.

Во избежание этого:

не следует касаться входного изолятора руками;

у неработающего усилителя для предупреждения загрязнения входной разъем должен быть обязательно закрыт защитным колпачком.

Если же загрязнения изолятора избежать не удалось, необходимо осторожно обмести его колонковой кистью №1, установив усилитель разъемом вниз.

7.3.4. При измерениях следует тщательно экранировать объект измерения от наводок, которые могут заметно исказить результат измерений.

Следует также помнить, что низкое выходное сопротивление источника сигнала является причиной возрастания шумов при измерении токов.

7.3.5. При работе с усилителем следует избегать электрических и механических воздействий на входной изолятор, а также перегрузок по входу, так как это может привести к возникновению зарядов на его поверхности.

7.3.6. Усилитель не имеет сетевого выключателя и включается в сеть вилкой, при этом включается индикация СЕТЬ и " \gg ".

7.3.7. Во всех случаях эксплуатации усилителя, если только он не подсоединен к источнику сигнала, входной разъем должен быть закрыт экранирующим колпачком.

7.3.8. В случае длительного хранения в условиях, отличающихся от нормальных, просушите усилитель в течение 24 ч (допускается сушка в термостате при температуре до 60 °C).

8. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ


8.1. По требованиям в части безопасности усилитель удовлетворяет нормам ОСТ 4.275.003-77, класс защиты I.

8.2. При работе с усилителем необходимо выполнять общие правила работы с электрическими установками.

8.3. Лица, допущенные к работе, должны иметь соответствующую техническую квалификацию и подготовку, ежегодно проходить

проверку знаний техники безопасности.

8.4. Запрещается производить смену элементов под напряжением.

8.5. Перед включением усилителя присоедините зажим защитного заземления, расположенный на задней панели и обозначенный символом "  ".

9. ПОРЯДОК РАБОТЫ


9.1. Расположение органов управления, настройки и подключения


9.1.1. На переднюю панель усилителя вынесены:


индикатор установки нуля;



световые индикаторы СЕТЬ и " \gg " (перегрузка);

кнопка СЕТЬ;

ручка "  " плавной установки нуля;

кнопка "  " (вход замкнут);

кнопка "  " переключения чувствительности индикатора установки нуля;

кнопка множителя на 3 "  1.10ⁿ /  3.10ⁿ ";

ручка переключателя коэффициента передачи тока и напряжения (программный переключатель ППКЗ);

ось резистора плавного изменения постоянной времени, выведенного под шлиц;

кнопки "IS", "0,IS" и "<0,IS" дискретной установки постоянной времени.

9.1.2. На задней панели расположены:

входной разъем "→" блока входного измерительного (БВИ), служащий для подключения источника сигнала;

оси резисторов калибровки, выведенных под шлиц, "▼ IO¹⁰", "▼ IO¹²";

ось резистора грубой установки нуля "▷◁", выведенного под шлиц;

тумблер UКОМПЕНС включения компенсационного напряжения;

гнезда UКОМПЕНС подключения источника компенсационного напряжения;

клеммы ВЫХОД: "С" и "0";

клемма ("З") "⊥" для заземления усилителя;

вставки плавкие;

шнур подключения питающей сети.

9.1.3. Перед включением усилителя в сеть проверьте положение органов управления на передней и задней панелях. Они должны находиться в положениях:

кнопка СЕТЬ выключена;

кнопки "▷◁", "IS" нажаты;

кнопки "▲" и множителя на 3 отпущены;

тумблер UКОМПЕНС выключен.

9.2. Подготовка к проведению измерений

9.2.1. Изучите техническое описание усилителя.

9.2.2. В случае длительного хранения в условиях, отличающихся от нормальных, просушите усилитель в течение 24 ч (допускается сушка в термостате при температуре до 60 °С).

9.2.3. Установите усилитель на рабочем месте.

9.2.4. Удостоверьтесь в том, что входной разъем усилителя закрыт защитным колпачком. Во всех случаях эксплуатации усилителя, если только он не подсоединен к источнику сигнала, входной разъем должен быть закрыт экранирующим колпачком.

9.2.6. Подключите "абель питания к сети, при этом должны включиться индикаторы СЕТЬ и "≫".

9.2.7. Нажмите кнопку СЕТЬ, после чего индикатор "≫" должен выключиться.

9.2.8. По истечении времени установления рабочего режима 30 мин установите нуль усилителя по индикатору или по вольтметру, подключенному к выходу усилителя, при помощи переменного резистора "▷◁". Для точной установки нуля по индикатору нажмите кнопку "▲".

В случае необходимости, грубое регулирование нуля производите при помощи переменного резистора "▷◁", выведенного под шлиц и расположенного на задней панели усилителя. Во избежание перегрузки индикатора при измерении после установки нуля кнопку "▲" отпустите.

9.2.9. Калибровка измерительных резисторов IO¹⁰ и IO¹² Ом

Калибровка измерительных резисторов IO¹⁰ и IO¹² Ом производится следующим образом:

подключите к выходу усилителя цифровой вольтметр и подготовьте к работе согласно его инструкции по эксплуатации;

установите переключатель коэффициента передачи в положение "▼ IO¹⁰";

установите нуль по вольтметру с помощью ручки "▷◁";

отпустите кнопку "▷◁";

с помощью резистора (R16), выведенного на заднюю панель под шлиц " ∇ 10^{10} ", установите по вольтметру напряжение I В $\pm 0,003$ В;

нажмите кнопку " $\blacktriangleright 0 \blacktriangleleft$ ";

установите переключатель коэффициента передачи в положение " ∇ 10^{12} ";

отпустите кнопку " $\blacktriangleright 0 \blacktriangleleft$ ";

с помощью резистора (R13) на задней панели " ∇ 10^{12} " установите по вольтметру напряжение I В $\pm 0,003$ В;

нажмите кнопку " $\blacktriangleright 0 \blacktriangleleft$ ".

Калибровка измерительных резисторов производится не реже одного раза в месяц, а также после воздействия на усилитель климатических или механических факторов.

9.3. Проведение измерений

9.3.1. Подключите ко входу усилителя источник сигнала, а к выходу — регистрирующее устройство (вольтметр, самописец).

При усилении малых токов (меньше $1 \cdot 10^{-10}$ А) присоединение источника сигнала к усилителю осуществляется с помощью специальных переходов, изготовленных потребителем в соответствии с конструкцией источника и входного разъема усилителя (см. приложение 4). При усилении напряжений и токов выше $1 \cdot 10^{-10}$ А присоединение источника сигнала к усилителю может осуществляться с помощью кабеля Тг4.854.586, имеющегося в комплекте усилителя. При этом следует иметь в виду, что сопротивление изоляции кабеля равно $5 \cdot 10^{12}$ Ом/м, а емкость — 110 пФ/м.

9.3.2. Во избежание перегрузки входных транзисторов начните измерение с минимального коэффициента передачи усилителя.

9.3.3. Отпустите кнопку " $\blacktriangleright 0 \blacktriangleleft$ " и произведите измерение сигнала с помощью регистрирующего устройства. В случае несоответствия коэффициента передачи усилителя или диапазона источника сигнала значению необходимого сигнала во избежание выхода из строя усилителя, все переключения производите только при нажатой кнопке " $\blacktriangleright 0 \blacktriangleleft$ ". В случае включения индикатора " \gg " (перегрузка) нажмите кнопку " $\blacktriangleright 0 \blacktriangleleft$ ", устраните причину перегрузки и повторите измерение.

9.3.4. Выбор необходимой постоянной времени измерения производится путем нажатия одной из кнопок "IS", "0, IS" и "< 0, IS". При коэффициентах передачи $1 \cdot 10^{12}$ — $1 \cdot 10^{13}$ В/А постоянная времени измерения может регулироваться плавно с помощью резистора, выведенного на переднюю панель под шлиц.

9.3.5. Фоновый ток источника сигнала можно скомпенсировать с помощью внешнего источника компенсационного напряжения в следующем порядке:

нажмите кнопку " $\blacktriangleright 0 \blacktriangleleft$ " и установите нуль усилителя;

подсоедините источник компенсационного напряжения (0–10 В) к гнездам $U_{КОМПЕНС}$ на задней панели усилителя;

установите компенсационное напряжение равным нулю;

включите тумблер $U_{КОМПЕНС}$;

отпустите кнопку " $\blacktriangleright 0 \blacktriangleleft$ " и, плавно увеличивая компенсационное напряжение, установите нуль усилителя по индикатору или по вольтметру, подключенному к выходу усилителя. Если при увеличении компенсационного напряжения показания индикатора (вольтметра) увеличиваются, измените полярность компенсационного напряжения, предварительно выключив тумблер $U_{КОМПЕНС}$.

После установки нуля усилителя произведите измерение входного сигнала.

Примечание. Источник компенсационного напряжения должен быть гальванически развязан от корпуса.

9.4. Измерения в рабочем диапазоне температур.

9.4.1. Погрешность коэффициента передачи по напряжению в диапазоне температур (10-15)⁰ С и (25-35)⁰ С равна значениям δ в процентах, определяемым формулой (9.1):

$$\delta = \delta_{\text{осн.}} \left[1 + \left| \frac{A - t}{10} \right| \right] \quad (9.1)$$

где $\delta_{\text{осн.}}$ - основная погрешность измерения, %;
 t - температура окружающей среды, ⁰С;
 A - температура, равная 15⁰С или 25⁰С.

Пример. Погрешность коэффициента передачи 10 при измерении напряжения 0,8 В при температуре окружающей среды 35⁰С равняется

$$\delta = \left[0,25 + 0,1 \left(\frac{1}{0,8} - 1 \right) \right] \left[1 + \left| \frac{25-35}{10} \right| \right] = 0,55\%$$

9.4.2. Погрешность коэффициента передачи по току вычисляется аналогично.

10. ПОВЕРКА УСИЛИТЕЛЯ

10.1. Общие сведения

Настоящий раздел устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. Периодическую поверку рекомендуется проводить:

- при эксплуатации - не более одного раза в год;
- при хранении - не более одного раза в 2 года.

10.2. Операции и средства поверки

При проведении поверки должны выполняться операции и применяться средства поверки, указанные в табл.10.1,10.2, 10.3.

Таблица 10.1

Номер пункта раздела Поверки	Наименование операции	Проверяемая отметка		Допускаемое значение погрешности, %	Предельное значение выходного напряжения, В	Средство поверки	
		Коэффициент передачи, В/А	Входной ток, А			образцовое	вспомогательное
10.4.1	Внешний осмотр	-	-	-	-	-	-
10.4.2	Отробование	1.10 ¹⁰	-	±0,3	0,997-1,003	Вольтметр универсальный В7-28	
10.4.3.1	Определение осевой погрешности коэффициента передачи по току	1.10 ¹²	-	±0,3	0,997-1,003	Калибратор больших сопротивлений и малых токов ЕК1-6	Вольтметр универсальный В7-28
		1.10 ¹³	±1.10 ⁻¹²	±2,5	9,75-10,25		
		1.10 ¹²	±8.10 ⁻¹²	±2,525	7,8-8,2		
		1.10 ¹¹	±8.10 ⁻¹¹	±2,525	7,8-8,2		
10.4.3.1	Определение осевой погрешности коэффициента передачи по току	1.10 ¹⁰	±8.10 ⁻¹⁰	±2,525	7,8-8,2	Калибратор больших сопротивлений и малых токов ЕК1-6	Вольтметр универсальный В7-28
		1.10 ⁹	±8.10 ⁻⁹	±1,02	7,92-8,08		
		1.10 ⁸	±8.10 ⁻⁸	±1,02	7,92-8,08		
10.4.3.1	Определение осевой погрешности коэффициента передачи по току	1.10 ⁷	±8.10 ⁻⁷	±1,02	7,92-8,08	Прибор для	

Продолжение табл. 10.1

Номер пункта раздела поверки	Наименование операции	Проверяемая отметка		Допускаемое значение погрешности, %	Предельное значение выходящего напряжения, В	Средство поверки	
		Коэффициент передачи, В/А	Входной ток, А			образцовое	вспомогательное
		$1 \cdot 10^6$	$\pm 8 \cdot 10^{-6}$	$\pm 1,02$	7,92-8,08	поверки	
		$1 \cdot 10^5$	$\pm 8 \cdot 10^{-5}$	$\pm 1,02$	7,92-8,08	вольтметров	
		$1 \cdot 10^4$	$\pm 8 \cdot 10^{-4}$	$\pm 1,02$	7,92-8,08	В1-12	
		$1 \cdot 10^3$	$\pm 8 \cdot 10^{-3}$	$\pm 1,02$	7,92-8,08		

26

Таблица 10.2

Номер пункта раздела поверки	Наименование операции	Проверяемая отметка		Допускаемое значение погрешности, %	Предельное значение выходящего напряжения, В	Средство поверки	
		Коэффициент передачи	Входное напряжение, В			образцовое	вспомогательное
10.4.32	Определение основной погрешности коэффициента передачи по напряжению	0,01	± 200	$\pm 0,65$	1,987-2,013	Прибор для поверки	
			± 80	$\pm 0,28$	7,977-8,023	верки вольтметров В1-12	
			± 10	$\pm 0,25$	9,975-10,025	Вольтметр универсальный	
			± 8	$\pm 0,28$	7,977-8,023	версальный	
			± 6	$\pm 0,32$	5,98-6,02	В7-28	
			± 4	$\pm 0,4$	3,984-4,016		
			± 2	$\pm 0,65$	1,987-2,013		
			± 2	$\pm 0,32$	5,98-6,02		
			$\pm 0,8$	$\pm 0,28$	7,977-8,023		
			$\pm 0,08$	$\pm 0,28$	7,977-8,023		
		$\pm 0,005$	$\pm 1,25$	4,94-5,06			

27

- Примечания: 1. Вместо указанных в табл. 10.1, 10.2 средств поверки разрешается применять другие аналогичные меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерение соответствующих параметров с требуемой точностью.
2. Средства поверки должны быть исправны и поверены в органах государственной метрологической службы.

Таблица 10.3

Наименование средства поверки	Требуемые технические характеристики средства поверки		Рекомендуемое средство поверки	Примечание
	пределы измерения	погрешность		
Вольтметр универсальный В7-28	$(1 \cdot 10^{-3} - 200) \text{ В}$	$\pm 0,08 \%$	В1-12	
Калибратор больших сопротивлений и малых токов ЕК1-6			$(1 \cdot 10^{-12} - 9,9 \cdot 10^{-4}) \text{ А}$	В7-28 В7-29 В1-12
Прибор для поверки вольтметров В1-12	$(1 \cdot 10^{-7} - 200) \text{ В}$	$\pm 0,08 \%$		

10.3. Условия поверки и подготовка к ней

10.3.1. При проведении операций поверки должны соблюдаться следующие условия:

температура окружающей среды $20 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$;

относительная влажность $(30-80)\%$ при температуре воздуха $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;

атмосферное давление $(84-106) \text{ кПа}$ $(630-795) \text{ мм рт.ст.}$

напряжение питающей сети $(220 \pm 4,4) \text{ В}$ частотой $(50 \pm 0,5) \text{ Гц}$.

10.3.2. Перед проведением поверки выполните подготовительные работы в соответствии с подразделом 7.3 и разделом 8.

10.4. Проведение поверки

10.4.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие усилителя требованиям подраздела 7.2.

10.4.2. Опробование

При проведении опробования необходимо выполнить операции согласно подразделам 9.1 и 9.2.

10.4.3. Определение метрологических параметров

10.4.3.1. Определение основной погрешности коэффициента передачи по току производится методом сравнения значения измеренного выходного напряжения с расчетным значением выходного напряжения в поверяемой точке, при положительной и отрицательной полярностях сигнала тока на входе согласно данным табл. 10.1 следующим образом:

соберите структурную схему соединения приборов (рис. 3) или (рис. 4) для коэффициента передачи $1 \cdot 10^3$;

усилитель У5-11 подключите к калибратору ЕК1-6 с помощью

перехода Тг5.433.026;

Структурная схема соединения приборов для определения основной погрешности коэффициента передачи тока в пределах $1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^{13}$ В/А

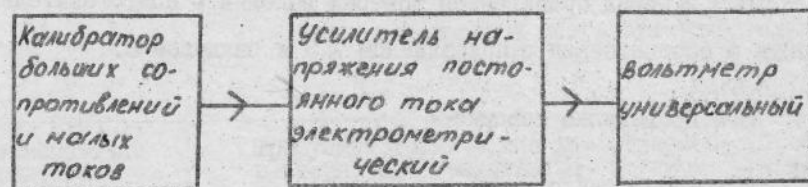


Рис.3

подготовьте усилитель и КИА к работе согласно инструкциям по эксплуатации;

подайте на вход усилителя ток в соответствии с табл.10.1; отпустите кнопку "▶0◀" усилителя;

определите значение выходного напряжения с помощью вольтметра.

Переключение пределов и полярности сигнала производится при замкнутом накоротко входе усилителя (кнопка "▶0◀" нажата).

Примечание. В процессе проверки (между измерениями) проверяйте нуль усилителя и, при необходимости, корректируйте его.

Основная погрешность коэффициента передачи по току и напряжению определяется в процентах по формуле

$$\delta = \frac{(U_{\text{вых}} - U_{\text{вых.о}}) - U_p}{U_p} \cdot 100, \quad (10.1)$$

$U_{\text{вых}}$ — измеренное значение выходного напряжения при значении входного сигнала, соответствующего поверяемой точке согласно табл.10.1, В;

$U_{\text{вых.о}}$ — измеренное значение выходного напряжения при отсутствии входного сигнала, В;

U_p — расчетное значение выходного напряжения в поверяемой точке, В.

Результаты поверки считаются положительными, если значение основной погрешности соответствует данным табл.10.1.

10.4.3.2. Определение основной погрешности коэффициента передачи по напряжению производится методом сравнения значения измеренного выходного напряжения с расчетным значением выходного напряжения в поверяемой точке при положительной и отрицательной полярностях сигнала напряжения в точках, указанных в табл.10.2, следующим образом:

соберите структурную схему соединения приборов, рис.4;

подготовьте усилитель и КИА к работе в соответствии с инструкциями по эксплуатации;

установите выходное напряжение прибора для поверки вольтметров равным нулю;

откорректируйте нуль усилителя (на пределе 10 В) с помощью ручки "▶0◀", контролируя вольтметром. На чувствительных пределах 300, 1000 нуль устанавливается с точностью до ± 50 мВ;

отпустите кнопку "▶0◀" усилителя;

подайте на вход усилителя напряжение в соответствии с

табл. 10.2;

произведите измерения с помощью вольтметра.

Основная погрешность коэффициента передачи в процентах рассчитывается по формуле 10.1.

При коэффициенте передачи 300 и 1000 значение выходного напряжения в каждой точке определяют трижды, и основную погрешность определяют по формуле

$$\delta = \frac{(U_{\text{вых. ср.}} - U_{\text{вых. ср. 0}}) - U_p}{U_p} \cdot 100, \quad (10.2)$$

где $U_{\text{вых. ср.}}$ — среднее арифметическое значение выходного напряжения по трем отсчетам при входном сигнале, соответствующем проверяемой точке, В ;

$U_{\text{вых. ср. 0}}$ — среднее арифметическое значение выходного напряжения по трем отсчетам при входном сигнале, равном нулю, В.

Результаты поверки считаются положительными, если значение основной погрешности коэффициента передачи напряжения соответствует данным табл. 10.2.

Структурная схема соединения приборов для определения основной погрешности коэффициента передачи напряжения

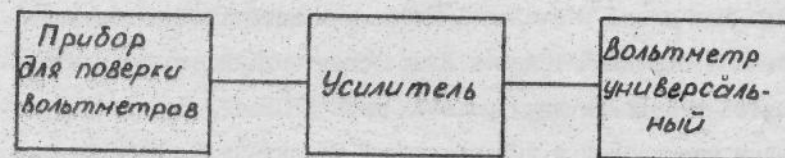


Рис. 4

10.5. Оформление результатов поверки

10.5.1. Результаты поверки оформляют путем записи или отметки результатов поверки в порядке, установленном метрологической службой, осуществляющей поверку.

Усилители, не прошедшие поверку (имеющие отрицательные результаты поверки), запрещаются к выпуску в обращение и применению.

II. КОНСТРУКЦИЯ

Конструктивно усилитель выполнен в унифицированном малогабаритном корпусе типа "Надел" с размерами 328x228x95 мм.

Усилитель, кроме входного преобразователя, выполнен на трех печатных платах. Печатная плата размером 240x200 мм является одновременно объединительной. На ней расположены: основной и высоковольтный усилители, активный фильтр, схема перегрузки и источник питания. Две платы размером 100x60 мм конструктивно объединены с программным переключателем в блок, соединяющийся с объединительной платой с помощью двух розеток типа РП2-44. На этих платах размещены масштабный и инвертирующий усилители и источник опорного напряжения.

Блок входной измерительный закреплен на задней панели. Он состоит из двух частей — коммутационной и электронной, связанных в единый функциональный узел. Обе части собираются на базе одного корпуса, который одновременно выполняет роль экрана. От воздействия внешних полей БВИ экранируется с помощью крышек. Высокое сопротивление изоляции входных цепей БВИ обеспечивается с помощью сапфировых изоляторов.

12. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ

12.1. Блок входной измерительный

Блок входной измерительный (БВИ) включает в себя входной преобразователь $D1$, измерительные резисторы $R3-R6$, транзисторы защиты $V3, V4$ и электрометрический коммутатор (реле $K1-K7$).

Входной преобразователь выполнен на микросборке 04НТ 002, представляющей собой согласованную пару МОП — транзисторов. МОП — транзисторы включены по схеме с общим стоком, для которой характерны высокое значение входного и низкое значение выходного сопротивлений.

Весь диапазон усиливаемых токов перекрывается с помощью шести измерительных резисторов $R3-R6, R10, R11$ (резисторы $R10$ и $R11$ вынесены за пределы БВИ).

Резистор $R3$ помещен в экран, который через резистор $R2$ подключен к выходу электрометрического усилителя. Вращая ось резистора $R2$, можно изменять эквивалентную емкость резистора $R2$ и тем самым изменять постоянную времени измерения.

Коммутация измерительных резисторов и входных цепей осуществляется с помощью электрометрических реле $K1-K7$.

12.2. Калибровка измерительных резисторов

Калибровка резисторов осуществляется последовательным методом, т.е. сначала калибруется наиболее низкоомный резистор с помощью имеющегося стабильного резистора, затем с помощью откалиброванного резистора калибруется более высокоомный резистор. Схема калибровки работает следующим образом. Запускаются контакты реле $K3, K4$, контакты 2, 3 переключателя $S2$ и контак-

ты 1, 2 переключателя $S1$ (см. рис. 5). В этом случае в цепь отрицательной обратной связи включен резистор $R5$ (10^8 Ом), а резистор $R4$ (10^{10} Ом) одним выводом подключен ко входу электрометрического усилителя (ЭУ) и вторым к делителю $R16, R17$, который подключен к источнику опорного напряжения. Расчетное выходное напряжение равно

$$U_{\text{вых. расч.}} = \frac{U_{\text{оп.}} \cdot R5_{\text{ном.}}}{R4_{\text{ном.}}}, \quad (12.1)$$

где $U_{\text{оп.}}$ — напряжение источника опорного напряжения;

$R4_{\text{ном.}}, R5_{\text{ном.}}$ — номинальные значения сопротивлений резисторов.

При опорном напряжении источника 10 В выходное напряжение ЭУ должно быть 0,1 В. Для компенсации отклонения измерительного резистора $R4$ от номинального напряжения в цепь отрицательной обратной связи включен делитель, состоящий из резисторов $R16, R17$. Поэтому реальное выходное напряжение определите по формуле

$$U_{\text{вых.}} = \frac{U_{\text{оп.}} \cdot R5 \cdot R_x}{R4 \cdot (R16 + R17)}, \quad (12.2)$$

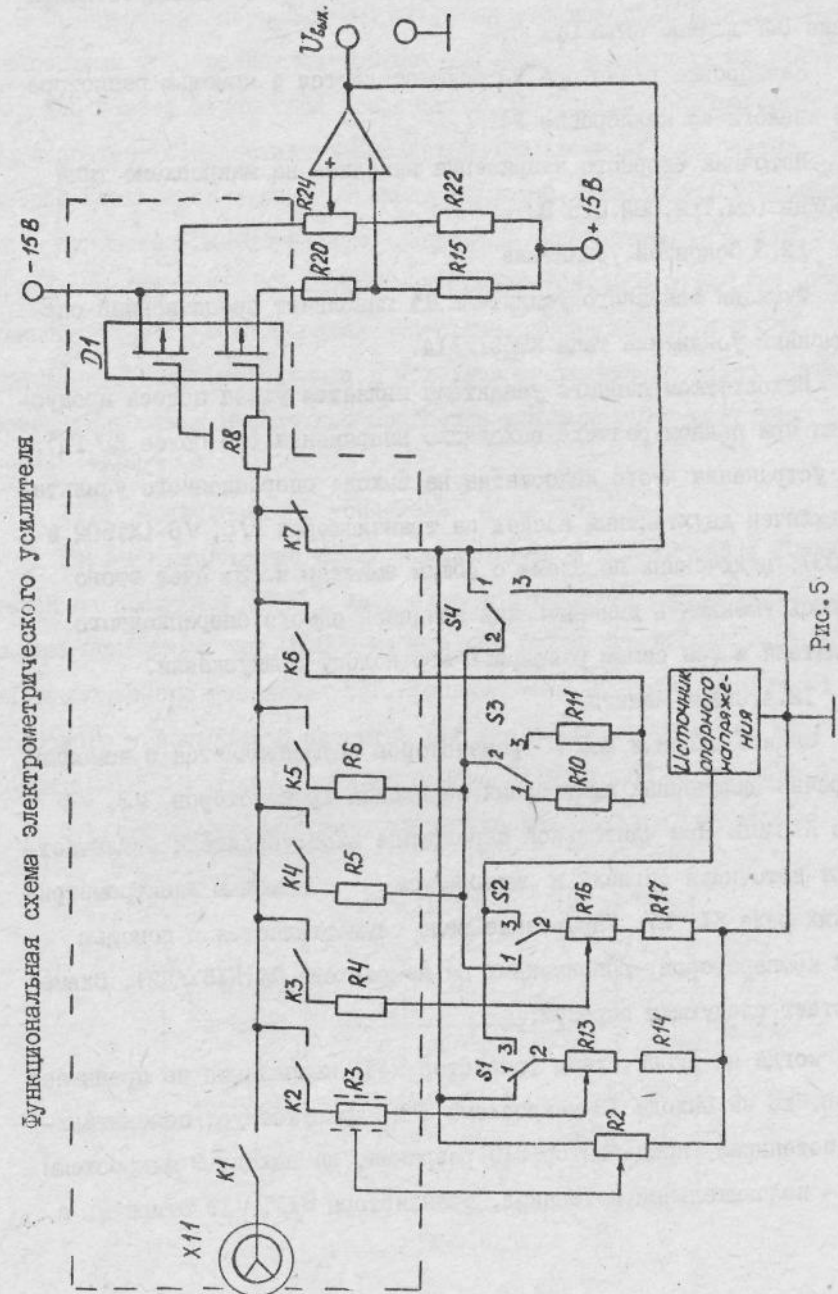
где R_x — сопротивление нижнего плеча делителя.

Калибровка сводится к установке на выходе ЭУ с помощью резистора $R16$ расчетного значения выходного напряжения.

Для калибровки резистора $R3$ замыкаются контакты реле $K2, K3$ и контакты 2, 3 переключателя $S1$. В этом случае в цепь обратной связи включен резистор $R4$ и делитель $R16, R17$. Резистор $R3$ одним выводом подключен ко входу ЭУ, а вторым — к делителю напряжения $R13, R14$, который подключен к источнику опорного напряжения.

Расчетное выходное напряжение в этом случае определяется по формуле

$$U_{\text{вых. расч.}} = \frac{U_{\text{оп.}} \cdot R4_{\text{ном.}}}{R3_{\text{ном.}}}, \quad (12.3)$$



т.е. как и в первом случае при $U_{оп} = 10$ В выходное напряжение ЭМУ должно быть 0,1 В.

Калибровка резистора R3 осуществляется с помощью резистора R13 аналогично калибровке R4.

Источник опорного напряжения выполнен на микросхеме типа К553УД2 (см. Тр2.002.015 ЭЭ).

12.3. Основной усилитель

Функции основного усилителя D3 выполняет прецизионный операционный усилитель типа КМ551УД1А.

Недостатком данного усилителя является узкая полоса пропускания при полном размахе выходного напряжения (не более 50 Гц). Для устранения этого недостатка на выходе операционного усилителя включен двухтактный каскад на транзисторах V5, V6 (КТ502 и КТ503), включенных по схеме с общим эмиттером. За счет этого удалось уменьшить динамический диапазон самого операционного усилителя и тем самым расширить его полосу пропускания.

12.4. Схема защиты

Защита входных МОП-транзисторов осуществляется с помощью встречно включенных эмиттерных переходов транзисторов V3, V4 типа КТ349В. При длительной перегрузке вход усилителя отключается от источника сигнала и замыкается с помощью электрометрических реле К1, К7. Управление реле осуществляется с помощью двух компараторов, выполненных на микросхеме D6 (К157УД2). Схема работает следующим образом:

когда на входе схемы (резистор R49) напряжение не превышает ± 10 В, то на выходе I3 микросхемы D6 присутствует положительный потенциал, конденсатор C19 разряжен, на выходе 9 микросхемы D6 - положительный потенциал, транзисторы V17, V19 открыты, а

транзистор V18 закрыт. Если напряжение на входе схемы превысит ± 10 В, сработает первый компаратор, на его выходе (вывод I3 микросхемы D6) возникнет отрицательный потенциал и через резистор R55 начнет заряжаться конденсатор C19. Когда напряжение на конденсаторе C19 достигнет определенного значения, сработает второй компаратор и на его выходе (вывод 9 микросхемы D6) возникнет отрицательный потенциал, закроются транзисторы V17, V19 и отключат реле К1, К7, откроется транзистор V18 и включит индикатор " » ". В этом положении схема самоблокируется и при уменьшении входного сигнала в исходное состояние не возвращается. Возвратить схему в исходное состояние можно нажав и отпустив кнопку " < 0 > ".

12.5. Высоковольтный усилитель

Рабочее напряжение МОП-транзисторов и операционных усилителей не превышает 30 В, поэтому для расширения динамического диапазона усилителя до ± 200 В необходимо включение дополнительного высоковольтного усилителя ВВУ, развязанного по цепи питания от основного усилителя. В качестве ВВУ в усилителе применена микросборка О4УПО29. Микросборка выполнена по мостовой схеме (рис.6).

Функциональная мостовая схема высоковольтного усилителя

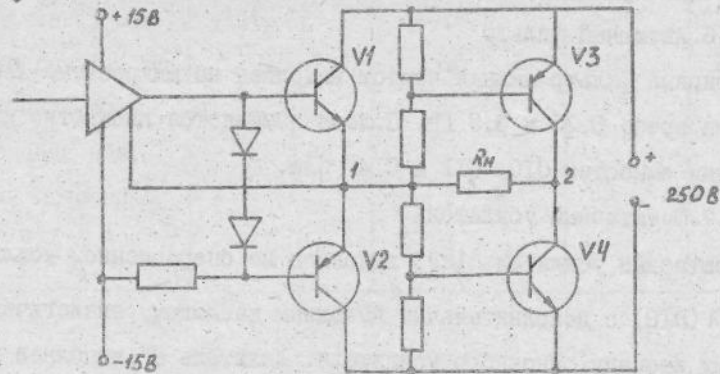


Рис.6

Преимуществом мостовой схемы перед полумостовой является то, что динамический диапазон усиливаемых напряжений в этом случае увеличивается в два раза при том же напряжении питания. Функциональная схема такого усилителя приведена на рис.6. Здесь транзисторы V_1 - V_4 являются соответственно четырьмя плечами моста. В одну диагональ моста включен источник питания 250 В, в другую — сопротивление нагрузки. Транзисторы V_1 , V_2 включены по схеме с общим коллектором, а транзисторы V_3 , V_4 — с общим эмиттером. Усилитель работает следующим образом. Пусть на вход транзисторов V_1 и V_2 поступает сигнал положительной полярности. В этом случае транзистор V_1 открывается, а транзистор V_2 закрывается, в результате чего потенциал в точке 1 увеличивается. Это приводит к уменьшению базового тока транзистора V_3 и увеличению базового тока транзистора V_4 . Следовательно, транзистор V_3 закрывается, а V_4 открывается. В этом случае ток через нагрузку протекает от точки 1 к точке 2. При отрицательном сигнале открываются транзисторы V_2 , V_3 , закрываются V_1 , V_4 и ток протекает в обратном направлении.

В режиме усиления тока ВВУ отключается от схемы.

12.6. Активный фильтр

Активный фильтр нижних частот выполнен на микросхеме D_5 с частотами среза 0,35 и 3,5 Гц. Полоса изменяется дискретно путем коммутации емкостей C_{10} , C_{11} и C_{14} , C_{16} .

12.7. Масштабный усилитель

Масштабный усилитель (MU) выполнен на операционном усилителе $KM551UD1A$ (D_{10}) с дополнительным выходным каскадом, аналогичным выходному каскаду основного усилителя. Делитель MU выполнен на резисторах типа $C2-29$ В. Коэффициент передачи MU может быть уста-

новлен равным 1, 3, 10, 30, 100, 300 и 1000.

12.8. Источник питания

Источник питания включает силовой трансформатор, выпрямители и стабилизаторы.

Параметры выходных напряжений источника питания приведены в табл.12.1, намоточные данные трансформатора — в приложении 3.

Стабилизаторы ± 15 В ($E1$) выполнены на микросхемах D_8 , D_9 ($K553UD2$) по схеме линейного последовательного стабилизатора компенсационного типа с защитой от перегрузок.

Стабилизаторы ± 15 В ($E2$) и ± 5 В ($E3$) выполнены соответственно на транзисторах V_{35} , V_{41} и V_{39} , V_{40} без усилителя постоянного тока ($УПТ$).

Стабилизатор с выходным напряжением 250 В ($E4$) выполнен по схеме параметрического стабилизатора напряжения на стабилитронах V_{32} — V_{34} .

Источники $E1$ и $E4$ гальванически развязаны от корпуса усилителя.

Таблица 12.1

Стабилизаторы	$E1$ (± 15 В)	$E2$ (± 15 В)	$E3$ (± 5 В)	$E4$ (250 В)
Напряжение, В	$\pm(15 \pm 1)$	14-16,5	5-6	225-280
Ток нагрузки, мА	15	20	120	1,5
Нестабильность изменения напряжения источника, %	0,1	3	3	

13. УКАЗАНИЯ ПО УСТРАНЕНИЮ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

13.1. Перечень наиболее часто встречающихся или возможных неисправностей приведен в табл. 13.1.

Во время ремонта усилителя соблюдать меры безопасности в соответствии с разделом 8 Тг2.002.015 ТО.

Таблица 13.1

Внешнее проявление неисправности	Вероятная причина	Метод устранения
1. При включении усилителя в сеть не включается световая сигнализация СЕТЬ	Перегорел предохранитель	Заменить предохранитель. При повторном перегорании отыскать замыкание в цепях источника питания
	Неисправен шнур питания	Исправить шнур питания
2. Не устанавливается нуль усилителя	Неисправна микросборка D1	Заменить микросборку
3. "Зашкаливает" стрелка индикатора при любом коэффициенте передачи	Отсутствует одно из питающих напряжений	Найти и устранить неисправность блока питания
4. Не отклонится стрелка индикатора при подаче сигнала	Отсутствует одно из питающих напряжений или недостаточно напряжение на реле БВИ	Найти и устранить неисправность блока питания

14. ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ

14.1. Усилитель напряжения постоянного тока электрометрический, принятый ОТК на заводе-изготовителе, упаковывается в тарный ящик.

После упаковки и крепления стальной лентой тарный ящик пломбируется.

14.2. Усилитель хранится в чистых сухих помещениях с температурой окружающей среды от 10 до 35 °С и относительной влажностью не более 80 % при отсутствии в воздухе агрессивных паров и газов, способных вызвать коррозию или иные повреждения. Усилитель, хранящийся на складе более года, перед вводом в эксплуатацию должен пройти переупаковку на соответствие техническим требованиям.

15. ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

Транспортирование упакованных усилителей производится любым видом транспорта при температуре окружающей среды от минус 50 до плюс 50 °С, относительной влажности воздуха до 98% при температуре 35 °С.

Расстановка и крепление тарных ящиков с усилителями должны обеспечивать устойчивое положение при следовании в пути, отсутствие смещения и ударов друг о друга, защиту от прямого воздействия атмосферных осадков и пыли.

При погрузке на транспорт проверяется соответствие груза упаковочному листу, соблюдение необходимых мер предосторожности и надежность закрепления на транспортных средствах.

Плата Тг6.679.937
Схема маркировочная

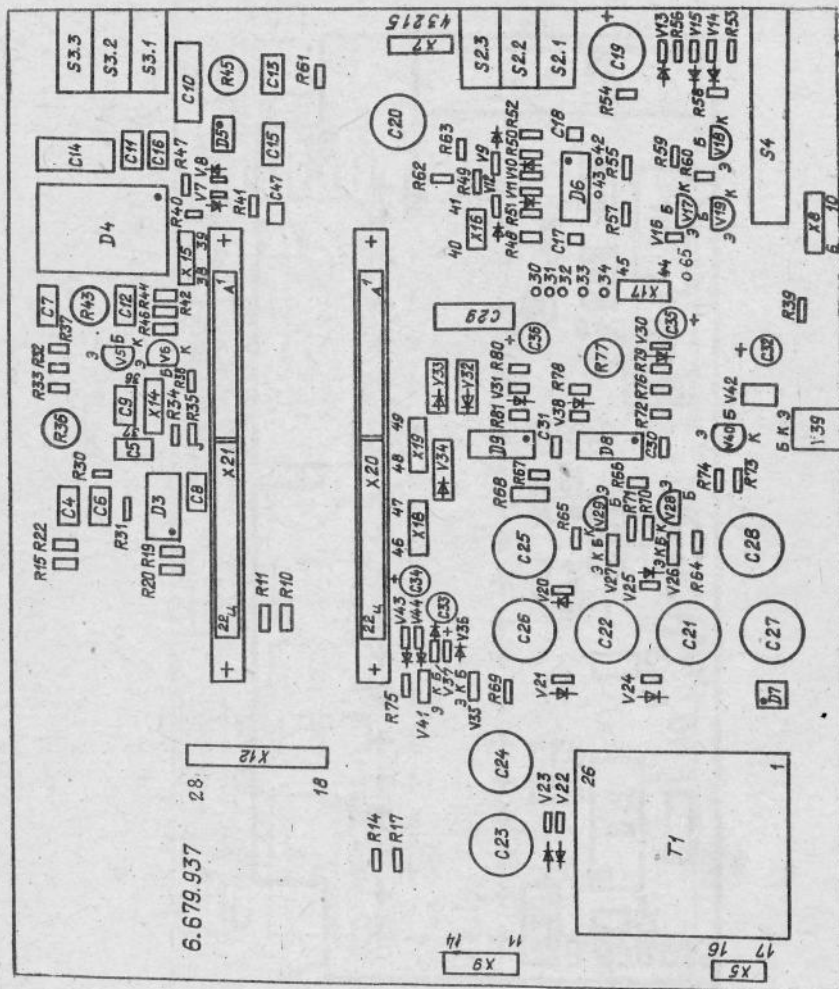


Рис. 3

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Карта рабочих режимов

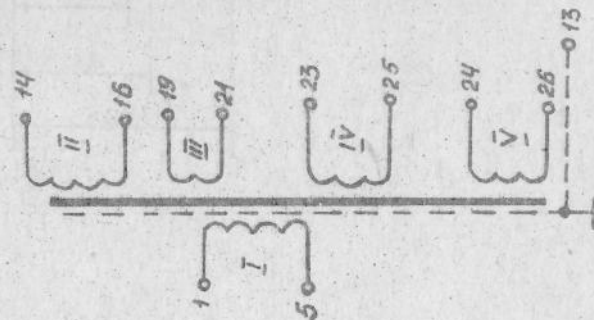
Наименование	Контроль-ная точка	Значение напряже-ния, В	Примечание
Плата Тг6.679.937	30	$15 \pm 0,15$	При температуре окружающего воздуха $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$ Ручка переключателя коэффициента передачи в положении 10^{12} В/А
	32	минус	Относительно контрольной точки 31
	33	$15 \pm 0,15$	Относительно контрольной точки 31
	44	5-6	Относительно контрольной точки 34
	42	10-15	Относительно контрольной точки 65
	43	10-15	Относительно контрольной точки 65
	46	минус 14-минус 16,5	Относительно контрольной точки 65
	48	14-16,5	Относительно контрольной точки 65

Наименование	Контроль-ная точка	Значение напряже-ния, В	Примечание
Устройство сое-динительное коммутирующее Тг3.619.004	61	$0 \pm 0,02$	Относительно контрольной точки 65
	64	минус $10 \pm 0,01$	Относительно контрольной точки 31

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Намоточные данные трансформатора Тг4.700.319

Схема электрическая принципиальная



Обозначение обмоток

I
II
III
IV
VМарка и диаметр провода,
ммПЭТВ-2 \emptyset 0,14
ПЭТВ-2 \emptyset 0,071
ПЭТВ-2 \emptyset 0,355
ПЭТВ-2 \emptyset 0,224
ПЭТВ-2 \emptyset 0,224

Число витков

2283
1375
110
208
208

Входной разъем усилителя

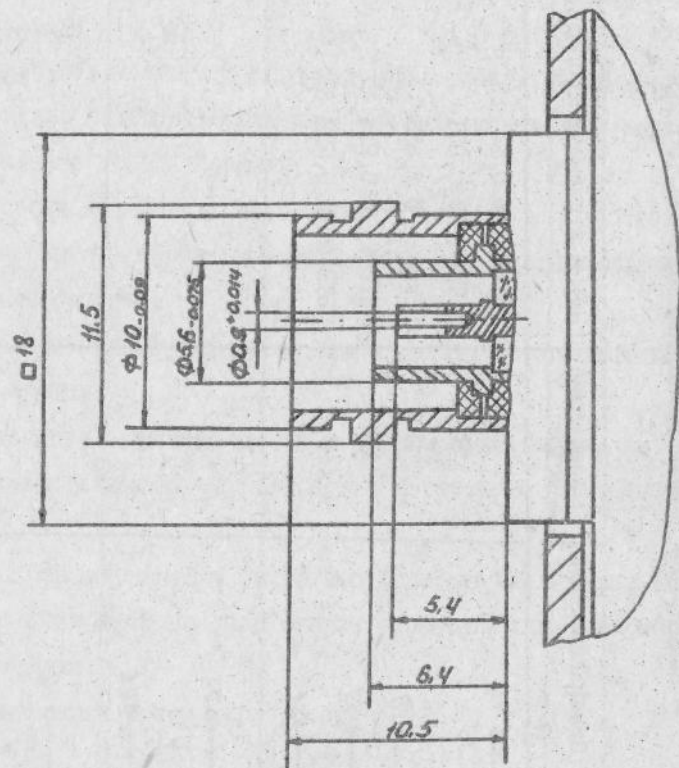


Рис. I

вторителя напряжения, о напряжению до го усилительного кас- ного усилителя. В на- ляется высоковольтный ого усилителя (BEV) 200 В), а следующий ходе напряжение не делитель напряжения. изации шумов путем измерения напряжения ния тока - инверти- при эксплуатаии. н инвертирующий ме измерения тока. от I до 1000 предназ- ля усилителя.

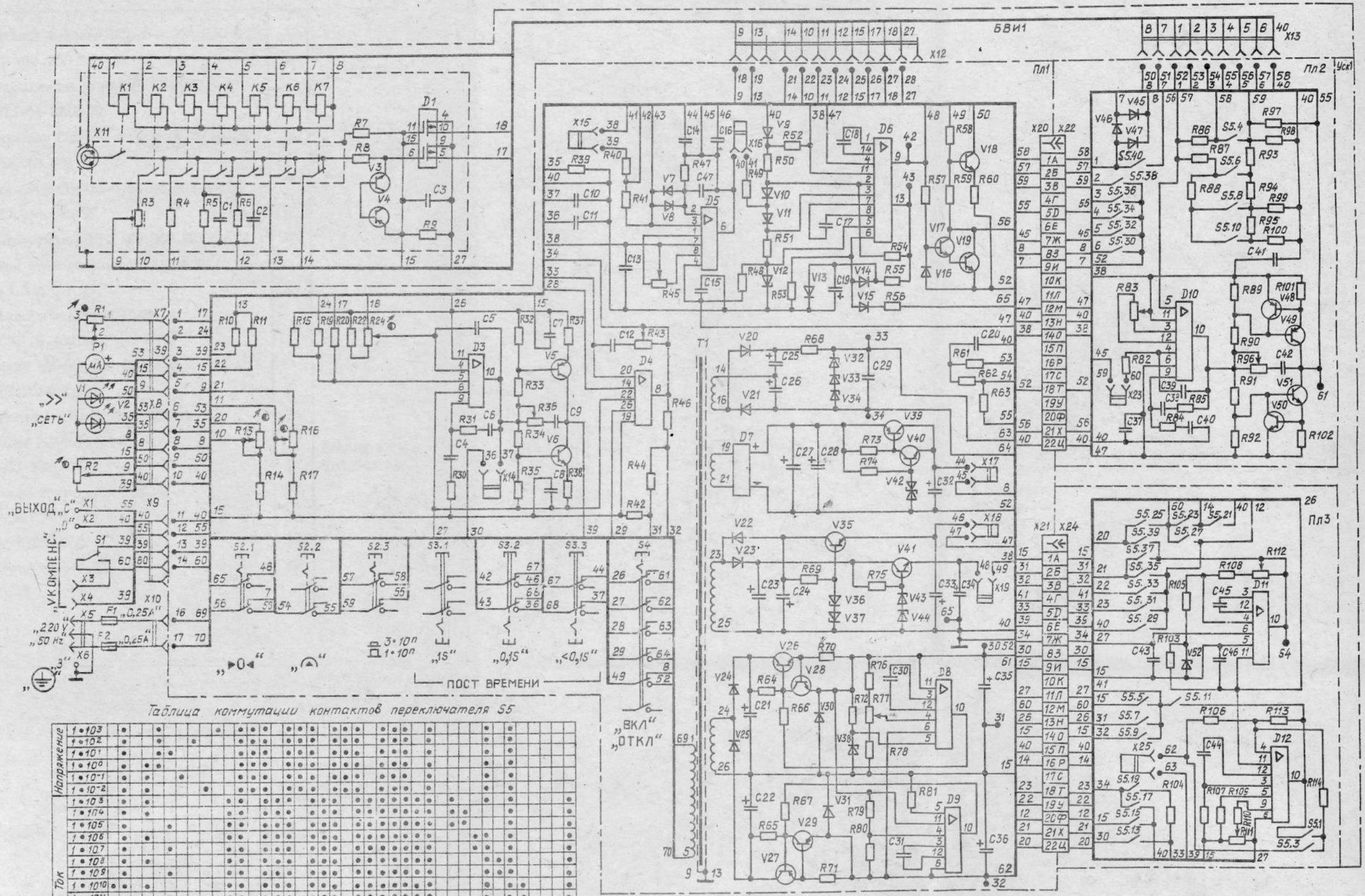


Таблица коммутации контактов переключателя S5

Напряжение	Ток									
	1 · 10 ³	1 · 10 ²	1 · 10 ¹	1 · 10 ⁰	1 · 10 ⁻¹	1 · 10 ⁻²	1 · 10 ⁻³	1 · 10 ⁻⁴	1 · 10 ⁻⁵	1 · 10 ⁻⁶
1 · 10 ³	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ²	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ¹	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁰	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻¹	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻²	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻³	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻⁴	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻⁵	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻⁶	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻⁷	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻⁸	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻⁹	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻¹⁰	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻¹¹	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻¹²	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻¹³	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻¹²	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
1 · 10 ⁻¹⁰	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

1. I...65 - штырь Тг7.740.048-01
2. Меры защиты ИМС и ППП от статического электричества по Тг.25000.00003.
3. • - контакт S5 замкнут.

УСИЛИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
 ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЙ У5-II
 Перечень элементов Тг2.002.015 ПЭЗ

Поз. обо- значение	Наименование	Кол.	Примеча- ние
F1, F2	Вставка плавкая ВПИ-I-0,25А 250 В АГО.481.303 ТУ	2	
PI	Микроамперметр М4248 50-0-50 мкА ТУ25-04-2222-78	1	
RI	Резистор СП5-39А-0,5 Вт-2,2кОм±10% ОЖО.468.534 ТУ	1	
R2	Резистор СП4-Ia-0,5-100 кОм-А-16 ОЖО.468.045 ТУ	1	
SI	Микротумблер МТИ АГО.360.207 ТУ	1	
V1, V2	Диод светоизлучающий АЛ307БМ аА0.336.076 ТУ	2	
X1	Зажим контактный I3K2п-с ОСТ4 ГО.483.002	1	
X2	Зажим контактный I3K2п-ч ОСТ4ГО.483.002	1	
X3, X4	Гнездо Г4,0ч ГОСТ 24733-81	2	
X5	Вилка ВШ-ц-20-01-10/250 ГОСТ 7396-76	1	Входит в Тг6.640.616
X6	Зажим контактный I3K2 м-к ОСТ4ГО.483.002	1	
X7...X9	Жгут Тг6.640.456-03	3	
X10	Жгут Тг6.640.513-06	1	

Т
 то рас
 100-20
 када,
 шем сл
 усилит
 может
 за ВВУ
 более
 А
 измене
 Э
 являет
 рующим
 Для ус
 усилит
 Д
 начен
 И

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
БВИ	<u>Блок входной измерительный</u> Тг2.732.019	I	
	<u>Конденсаторы</u>		
C1	КД-I-MI500-33 пФ \pm 10%-3 ОЖО.460.154ТУ	I	Входит в Тг6.679.938
C2	К10-7В-MI500-820 пФ \pm 10 % ГОСТ 25814-83	I	Входит в Тг6.679.938
C3	К73-17-250 В-0,1 мкФ \pm 20 % ОЖО.461.104 ТУ	I	Входит в Тг6.679.938
D1	Микросборка ОАНТ002 Тг3.365.002 ТУ	I	
K1	Реле (электромагнит Тг6.650.006)	I	Входит в Тг2.732.019
K2...K7	Реле (электромагнит Тг6.650.007)	6	Входит в Тг2.732.019
	<u>Резисторы</u>		
R3	КВМ-1000 ГОМ \pm 10 % ОЖО.467.080 ТУ	I	Входит в Тг6.679.938
R4	КВМ-10 ГОМ \pm 2 % ОЖО.467.080 ТУ	I	"-
R5	С5-50-100 МОМ 0,1 ТУ25-04-2439-74	I	"-
R6	С2-29В-0,125-1 МОМ \pm 0,1 %-I,0-A ОЖО.467.130 ТУ	I	"-
R7	МЛТ-0,125-100 КОМ \pm 10 % ГОСТ 7113-77	I	"-
R8	КММ-0,125-330 МОМ \pm 10 % ОЖО.467.080 ТУ	I	"-

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Резисторы</u>		
R9	МЛТ-0,125-100 КОМ \pm 10 % ГОСТ 7113-77	I	Входит в Тг6.679.938
V3,V4	Транзистор КТ349В (II вариант) ШТ3.365.058-2 ТУ	2	
XII	Разъем Тг6.607.029	I	
XI2	Кабель Тг4.854.587-01	I	
XI3	Кабель Тг4.854.587	I	
ПлI	<u>Плата Тг6.679.937</u>	I	
	<u>Конденсаторы К73-17 ОЖО.461.104 ТУ</u>		
	<u>Конденсаторы К10-7В ГОСТ 25814-83</u>		
C4	К73-17-250В-0,047 мкФ \pm 5 %	I	
C5	К73-17-630В-0,01 мкФ \pm 10 %	I	
C6	К73-17-400В-0,022 мкФ \pm 10 %	I	
C7,C8	К73-17-250В-0,1 мкФ \pm 20 %	2	
C9	К73-17-630В-0,01 мкФ \pm 10 %	I	
C10	К73-17-250В-0,47 мкФ \pm 5 %	I	
C11	К73-17-250В-0,047 мкФ \pm 5 %	I	
C12	К73-17-630В-0,01 мкФ \pm 10 %	I	
C13	К73-17-250В-0,1 мкФ \pm 20 %	I	
C14	К73-17-250В-1 мкФ \pm 5 %	I	
C15	К73-17-250В-0,1 мкФ \pm 20 %	I	
C16	К73-17-250В-0,1 мкФ \pm 5 %	I	
C17,C18	К10-7В-М47-30 пФ \pm 10 %	2	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Конденсаторы К50-6 ОЖО.464.031 ТУ</u>		
	<u>Конденсаторы К50-20 ОЖО.464.120 ТУ</u>		
	<u>Конденсаторы К10-7В ГОСТ 25814-83</u>		
С19	К50-6-1-25В-20 мкФ	1	
С20	К50-6-П-16В-50 мкФ-Нп	1	
С21..С24	К50-20-50В-200 мкФ	4	
С25, С26	К50-20-300В-10 мкФ	2	
С27, С28	К50-20-16В-500 мкФ	2	
С29	Конденсатор К73-17-400В-0,1 мкФ \pm 5 %		
	ОЖО.461.104 ТУ	1	
С30, С31	К10-7В-М47-30 пФ \pm 10 %	2	
С32...			
С36	К50-6-1-25В-10 мкФ	5	
С47	К10-7В-М47-30 пФ \pm 10 %	1	
	<u>Микросхемы</u>		
Д3	КМ551УД1А ОК0.348.375-01 ТУ	1	
Д4	Микросборка О4УП029 Тг5.002.025 ТУ	1	
Д5	КР544УД1А ОК0.348.257 ТУ	1	
Д6	К157УД2 ОК0.348.412 ТУ	1	
Д7	Выпрямительный мост КЦ407А		
	ТТ3.362.146 ТУ	1	
Д8, Д9	К553УД2 ОК0.348.278 ТУ	2	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Резисторы С2-29В ОЖО.467.130 ТУ</u>		
	<u>Резисторы СП5-1ВА ОК0.468.505 ТУ</u>		
	<u>Резисторы МЛТ ГОСТ 7113-77</u>		
Р10	С2-29В-0,125-10 кОм \pm 0,1%-1,0-А	1	
Р11	С2-29В-0,125-1 кОм \pm 0,1%-1,0-А	1	
Р13	СП5-1ВА 1 Вт 10 кОм \pm 10 %	1	
Р14	МЛТ-0,125-39 кОм \pm 5 %	1	
Р15	С2-29В-0,125-90,9 кОм \pm 0,1%-1,0-А	1	
Р16	СП5-1ВА 1 Вт 10 кОм \pm 10 %	1	
Р17	МЛТ-0,125-39 кОм \pm 5 %	1	
Р19	С2-29В-0,125-4,7 кОм \pm 1%-1,0-А	1	
Р20	С2-29В-0,125-2,8 кОм \pm 1%-1,0-А	1	
Р22	С2-29В-0,125-90,9 кОм \pm 0,1%-1,0-А	1	
Р24	СП5-1ВА 1 Вт 3,3 кОм \pm 10 %	1	
Р30	МЛТ-0,125-10 Ом \pm 10 %	1	
Р31	МЛТ-0,125-39 Ом \pm 10 %	1	
Р32	МЛТ-0,125-680 Ом \pm 5 %	1	
Р33, Р34	МЛТ-0,125-15 кОм \pm 5 %	2	
Р35	МЛТ-0,125-680 Ом \pm 5 %	1	
Р36	СП4-1В-0,25-22 кОм-А		
	ОЖО.468.045 ТУ	1	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Резисторы СП4-І ОЖО.468.045 TV</u>		
	<u>Резисторы С2-29В ОЖО.467.130 TV</u>		
	<u>Резисторы СП5-ІВА ОЖО.468.505 TV</u>		
	<u>Резисторы МЛТ ГОСТ 7113-77</u>		
R37, R38	МЛТ-0,125-20 Ом \pm 5 %	2	
R39	МЛТ-0,125-330 Ом \pm 5 %	1	
R40, R41	МЛТ-0,125-680 кОм \pm 5 %	2	
R42	С2-29В-0,125-909 кОм \pm 0,1%-І,0-А	1	
R43	СП4-ІВ-0,25-47 кОм-А	1	
R44	С2-29В-0,125-90,9 кОм \pm 0,1%-І,0-А	1	
R45	СП4-ІВ-0,25-10 кОм-А	1	
R46	С2-29В-0,125-10,1 кОм \pm 0,1%-І,0-А	1	
R47	МЛТ-0,125-1,3 МОм \pm 5 %	1	
R48	МЛТ-0,125-2,7 кОм \pm 5 %	1	
R49	МЛТ-0,125-6,8 кОм \pm 5 %	1	
R50, R51	МЛТ-0,125-30 кОм \pm 5 %	2	
R52	МЛТ-0,125-2,7 кОм \pm 5 %	1	
R53	МЛТ-0,125-1 МОм \pm 5 %	1	
R54	МЛТ-0,125-510 кОм \pm 5 %	1	
R55	МЛТ-0,125-200 кОм \pm 5 %	1	
R56, R57	МЛТ-0,125-30 кОм \pm 5 %	2	
R58, R59	МЛТ-0,125-2,7 кОм \pm 5 %	2	
R60	МЛТ-0,125-270 Ом \pm 5 %	1	
R61	МЛТ-0,125-7,5 кОм \pm 5 %	1	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Резисторы МЛТ ГОСТ 7113-77</u>		
R62	МЛТ-0,125-10 кОм \pm 5 %	1	
R63	МЛТ-0,125-180 кОм \pm 5 %	1	
R64...			
R67	МЛТ-0,125-10 кОм \pm 5 %	4	
R68	МЛТ-0,5-18 кОм \pm 5 %	1	
R69	МЛТ-0,125-2 кОм \pm 5 %	1	
R70, R71	МЛТ-0,125-15 Ом \pm 5 %	2	
R72	МЛТ-0,125-3,9 кОм \pm 5 %	1	
R73	МЛТ-0,125-130 Ом \pm 5 %	1	
R74	МЛТ-0,125-620 Ом \pm 5 %	1	
R75	МЛТ-0,125-2 кОм \pm 5 %	1	
R76	МЛТ-0,125-10 кОм \pm 5 %	1	
R77	Резистор СП4-ІВ-0,25-1,5 кОм-А ОЖО.468.045 TV	1	
R78	МЛТ-0,125-10 кОм \pm 5 %	1	
R79, R80	МЛТ-0,125-20 кОм \pm 5 %	2	
R81	МЛТ-0,125-10 кОм \pm 5 %	1	
S2	Переключатель П2К-Н-3-10-2 ЕЦО.360.037 TV	1	
S3	Переключатель П2К-3-3-10-2 ЕЦО.360.037 TV	1	
S4	Переключатель П2К-Н-1-10-6 ЕЦО.360.037 TV	1	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
V5	Транзистор КТ502В аА0.336.182 TV	I	
V6	Транзистор КТ503В аА0.336.183 TV	I	
V7, V8	Диод КД522Б дР3.362.029 TV	2	
V9	Стабилитрон КС175Ж аА0.336.110 TV	I	
V10, V11	Диод КД522Б дР3.362.029 TV	2	
V12	Стабилитрон КС175Ж аА0.336.110 TV	I	
V13...			
V16	Диод КД522Б дР3.362.029 TV	4	
V17...			
V19	Транзистор КТ503В аА0.336.183 TV	3	
V20, V21	Диод КД410БМ аА0.336.021 TV	2	
V22...			
V25	Диод КД102А ТТ3.362.083 TV	4	
V26	Транзистор КТ815В аА0.336.185 TV	I	
V27	Транзистор КТ814В аА0.336.184 TV	I	
V28	Транзистор КТ503В аА0.336.183 TV	I	
V29	Транзистор КТ502В аА0.336.182 TV	I	
V30, V31	Диод КД522Б дР3.362.029 TV	2	
V32	Стабилитрон КС551А аА0.336.279 TV	I	
V33, V34	Стабилитрон КС600А аА0.336.279 TV	2	
V35	Транзистор КТ814В аА0.336.184 TV	I	
V36	Стабилитрон КС175Ж аА0.336.110 TV	I	
V37	Стабилитрон КС182Ж аА0.336.110 TV	I	
V38	Стабилитрон КС175Ж аА0.336.110 TV	I	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
V39	Транзистор КТ814В аА0.336.184 TV	I	
V40	Транзистор КТ503В аА0.336.183 TV	I	
V41	Транзистор КТ815В аА0.336.185 TV	I	
V42	Двуханодный стабилитрон КС162А ХМ3.369.001 TV	I	
V43	Стабилитрон КС175Ж аА0.336.110 TV	I	
V44	Стабилитрон КС182Ж аА0.336.110 TV	I	
Т1	Трансформатор Тг4.700.319	I	
Х14...			
Х19	Переключатель Тг6.626.088	6	
Х20, Х21	Розетка РПН2-44 Ф70.364.000 TV	2	
Пл2, Пл3	<u>Устройство соединительное</u> <u>коммутирующее Тг3.619.004</u>	I	
	<u>Конденсаторы К73-17 ОК0.461.104 TV</u>		
С37	К73-17-250 В-0, I мкФ \pm 20 %	I	Входит в Тг6.679.934
С38	К73-17-400 В-0,022 мкФ \pm 10 %	I	-"
С39	К73-17-630В-0,01 мкФ \pm 10 %	I	-"
С40	К73-17-250В-0,047 мкФ \pm 5 %	I	-"
С41	К73-17-250В-0, I мкФ \pm 20 %	I	-"
С42	К73-17-630В-0,01 мкФ \pm 10 %	I	-"
С43	К73-17-250В-0, I мкФ \pm 20 %	I	Входит в Тг6.679.935
С44, С45	Конденсатор К10-7В-М47-30 пФ \pm 10 % ГОСТ 25814-83	2	То же

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
С46	К73-17-250В-0,1 мкФ \pm 20 % ОЭО.461.104 TV	1	Входит в Тг6.679.935
	<u>Микросхемы</u>		
D10	КМ551УД1А ОКО.348.375 -01ТУ	1	Входит в Тг6.679.934
D11, D12	К553УД2 ОКО.348.278 TV	2	Входит в Тг6.679.935
	<u>Резисторы МЛТ ГОСТ 7113-77</u>		
	<u>Резисторы СП4-1 ОКО.468.045 TV</u>		
	<u>Резисторы С2-29В ОКО.467.130 TV</u>		
R82	МЛТ-0,125-6,2 кОм \pm 5 %	1	Входит в Тг6.679.934
R83	СП4-1В-0,25-100 кОм-А	1	То же
R84	МЛТ-0,125-10 Ом \pm 10 %	1	"-
R85	МЛТ-0,125-39 Ом \pm 10 %	1	"-
R86	МЛТ-0,125-6,2 кОм \pm 5 %	1	"-
R87	МЛТ-0,125-4,3 кОм \pm 5 %	1	"-
R88	МЛТ-0,125-1,5 кОм \pm 5 %	1	"-
R89	МЛТ-0,125-680 Ом \pm 5 %	1	"-
R90, R91	МЛТ-0,125-15 кОм \pm 5 %	2	"-
R92	МЛТ-0,125-680 Ом \pm 5 %	1	"-
R93	С2-29В-0,125-16,2 кОм \pm 0,05%-1,0-А	1	"-
R94, R95	С2-29В-0,125-1,62 кОм \pm 0,05%-1,0-А	2	"-
R96	СП4-1В-0,25-10 кОм-А	1	"-

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Резисторы МЛТ ГОСТ 7113-77</u>		
	<u>Резисторы С2-29В ОКО.467.130 TV</u>		
R97, R98	С2-29В-0,125-18 кОм \pm 0,05%-1,0-А	2	Входит в Тг6.679.934
R99	С2-29В-0,125-200 Ом \pm 0,05%-1,0-А	1	То же
R100	С2-29В-0,125-180 Ом \pm 0,05%-1,0-А	1	"-
R101, R102	МЛТ-0,125-20 Ом \pm 5 %	2	"-
R103	МЛТ-0,125-2,7 кОм \pm 5 %	1	Входит в Тг6.679.935
R104	МЛТ-0,125-30 кОм \pm 5 %	1	То же
R105,			
R106	С2-29В-0,125-18 кОм \pm 0,1%-1,0-А	2	"-
R107	МЛТ-1,0-10 МОм \pm 5 %	1	"-
R108	С2-29В-0,125-18 кОм \pm 0,1%-1,0-А	1	"-
R109	МЛТ-0,125-10 кОм \pm 5 %	1	"-
R110	МЛТ-0,5-4,7 МОм \pm 5 %	1	"-
R111	СП4-1В-0,25-47 кОм-А ОЭО.468.045 TV	1	"-
R112	СП5-1ВА I Вт 10 кОм \pm 10 % ОЭО.468.505 TV	1	"-
R113	С2-29В-0,125-18 кОм \pm 0,1%-1,0-А	1	"-
R114	МЛТ-0,125-150кОм \pm 5% ГОСТ 7113-77	1	"-
S5	Переключатель ППКЗ-24П40Н Тг3.600.054-01	1	

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
V45...V47	Диод КД522Б дРЗ.362.029 TV	3	Входит в Тг6.679.934
V48, V49	Транзистор КТ502В аЛО.336.182TV	2	То же
V50, V51	Транзистор КТ503В аЛО.336.183 TV	2	"-"
V52	Стабилитрон КС182X аЛО.336.110 TV	1	Входит в Тг6.679.935
X22		1	Концевые печатные контакты
X23	Перемычка Тг6.622.088	1	Входит в Тг6.679.934
X24		1	Концевые печатные контакты
X25	Перемычка Тг6.622.088	1	Входит в Тг6.679.935