КАЛИБРАТОР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ Н4-7

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Часть 2

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Лист
1 Конструкция	3
2 Описание электрических схем и устранение неисправностей	6
2.1 Общие указания	6
2.2 Меры безопасности и защиты прибора	6
2.3 Перечень средств измерения и контроля диагностической аппаратуры	7
2.4 Поузловой функциональный анализ схемы	7
2.4.1 Общие указания	7
2.4.2 ИОН	9
2.4.3 Генератор ВЧ	9
2.4.4 Генератор НЧ	10
2.4.5 ЦАП	11
2.4.6 Формирование пределов калибратора напряжения	12
2.4.7 ИКТ	12
2.4.8 Организация питания узлов прибора	12
2.5 Описание электрической принципиальной схемы прибора Н4-7	14
2.6 Поиск неисправных узлов прибора	14
2.7 Описание электрической принципиальной схемы базовой платы	14
2.7.1 Общая информация	14
2.7.2 Источник опорного напряжения постоянного тока	16
2.7.3 Генератор ВЧ	17
2.7.4 Генератор НЧ	17
2.7.5 ЦАП	18
2.7.6 Усилитель "20V"	18
2.7.7 Усилитель "2V"	18
2.8 Поиск неисправностей базовой платы	19
2.9 Описание электрической принципиальной схемы источника калиброванных токов (ИКТ)	20
2.10 Поиск неисправностей узла ИКТ	21
2.11 Усилитель напряжения 200 В	21
2.12 Поиск неисправностей усилителя напряжения 200 В	22
2.13 Процессор	22
2.14 Поиск неисправностей процессора	24
2.15 Описание электрической принципиальной схемы платы управления	25
2.16 Поиск неисправностей платы управления	25
Приложение А Схема электрическая принципиальная и перечень элементов калибратора универсального Н4-7	27
Приложение Б Плата базовая. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов	29
Приложение В Термостат. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов	40
Приложение Г ИКТ. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов	42
Приложение Д Усилитель напряжения 200 В. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов	45
Приложение Е Процессор. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов	49
Приложение Ж Плата управления. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов	52

Руководство по эксплуатации. Часть 3

1 КОНСТРУКЦИЯ

1.1 Прибор Н4-7 (Н4-7/1), конструкция и внешний вид которого показаны на рисунках 1.1 и 1.2, относится к приборам настольного типа в стандартном корпусе «Надел-85» по ЯНТИ.301172.001 ТО "Корпус блочный. Техническое описание".

1.2 В основу построения прибора положен принцип функционального и конструктивного разделения прибора на функциональную (исполнительную) и управляющую секцию. Конструктивное разделение обусловлено необходимостью реализации "плавающих" (изолированных от корпуса) выходов прибора; функциональное разделение носит подчиненную роль и имеет целью сохранение степени конструктивной развязки между двумя секциями прибора с возможностью управления прибором сигналами от заземленных источников.

1.3 В состав управляющей секции входит микро-ЭВМ с устройствами связи и управления прибором со стороны интерфейса КОП (поз. 14, рисунок 1.1) или RS-232C (поз.13, рисунок 1.1), или передней панели.

1.4 Передняя панель, поз.1 (рисунок 1.1) представляет собой устройство управления и отображения информации с элементами коммутации (поз. 5, 6), а также индикации (поз. 4, 7). Также на передней панели установлена ручка УПРАВЛЕНИЯ (поз. 2) для плавной регулировки и тумблер СЕТЬ (поз. -3). Все остальные устройства включены в состав исполнительной секции прибора.

1.5 При настройке и ремонте прибора тумблером (поз. 11, рисунок 1.2) отключается питание усилителя 200 В (на рисунке положение тумблера соответствует выключенному питанию).

1.6 Описание органов управления, присоединения и подключения приведено в разделе 10 руководства по эксплуатации, часть 1.

1.6 На задней панели, поз. 8 (рисунок 1.1) расположены:

- крышка с пломбой и тумблером КАЛИБРОВКА - поз. 9, 10;
- приборная часть сетевого разъема - поз. 11;
- клемма защитного заземления - поз. 12;
- колодка заземления- поз. 15;
- места основного и дополнительного пломбирования.

1.7 В конструкции прибора можно выделить следующие основные узлы и детали (рисунок 1.2):

- сетевые трансформаторы- поз. 1, 3;
- интерфейс - поз. 2;
- базовая плата - поз. 5;
- источник калиброванных токов (ИКТ)- поз. 6;
- плата управления - поз. 8;
- индикатор - поз. 9;
- усилитель напряжения 200 В - поз. 10.

1.8 Полный перечень составных частей и комплектующих, применяемых в приборе Н4-7, необходимых для их заказа при организации ремонта, приведены в перечнях элементов приложений А - Ж.

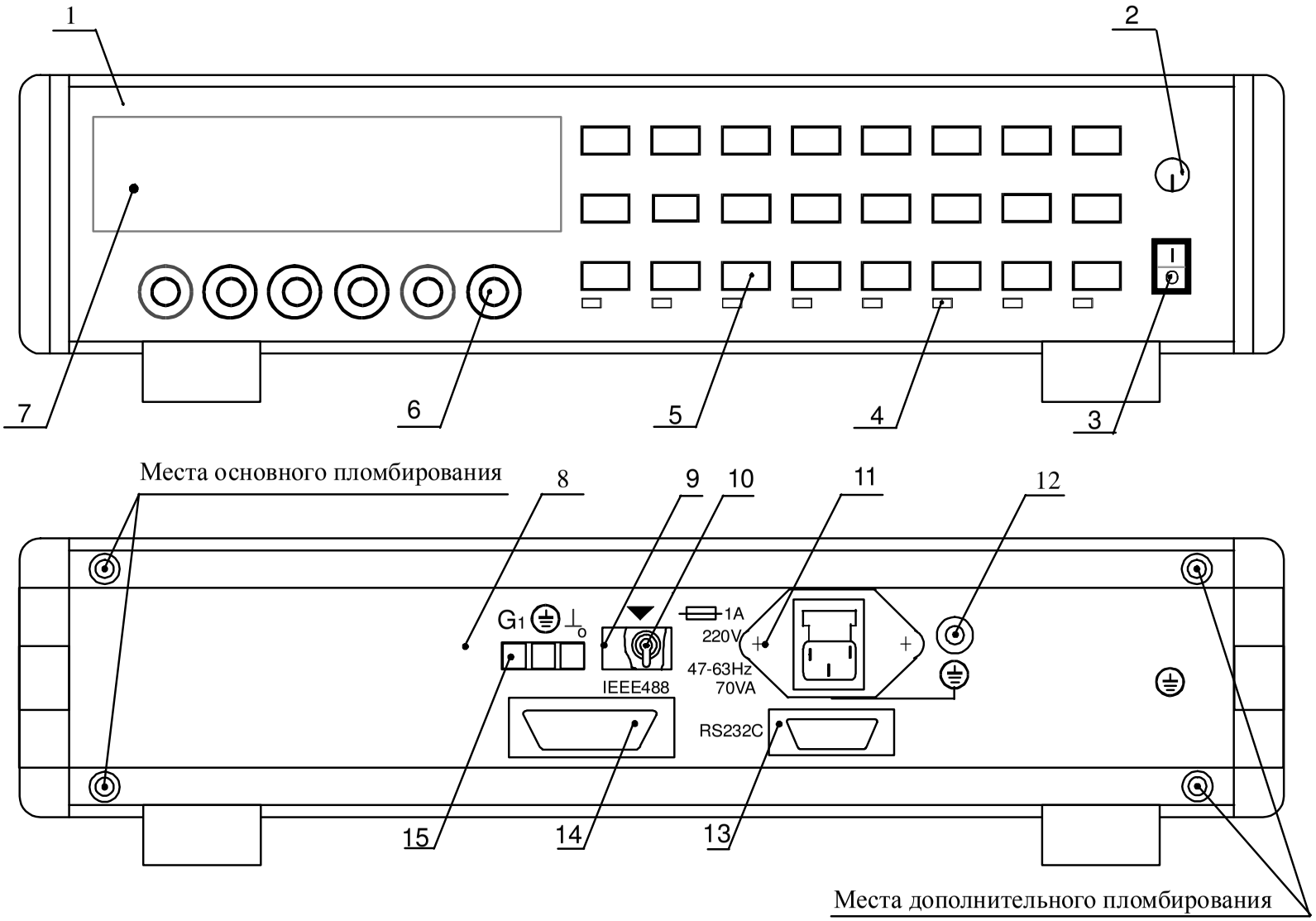

1
2
7
6
5
4
3
Места основного пломбирования
8
9
10
11
12
G1
1A
220V
47-63Hz
70VA
IEEE488
RS232C
15
14
13
Места дополнительного пломбирования

Рисунок 1.1

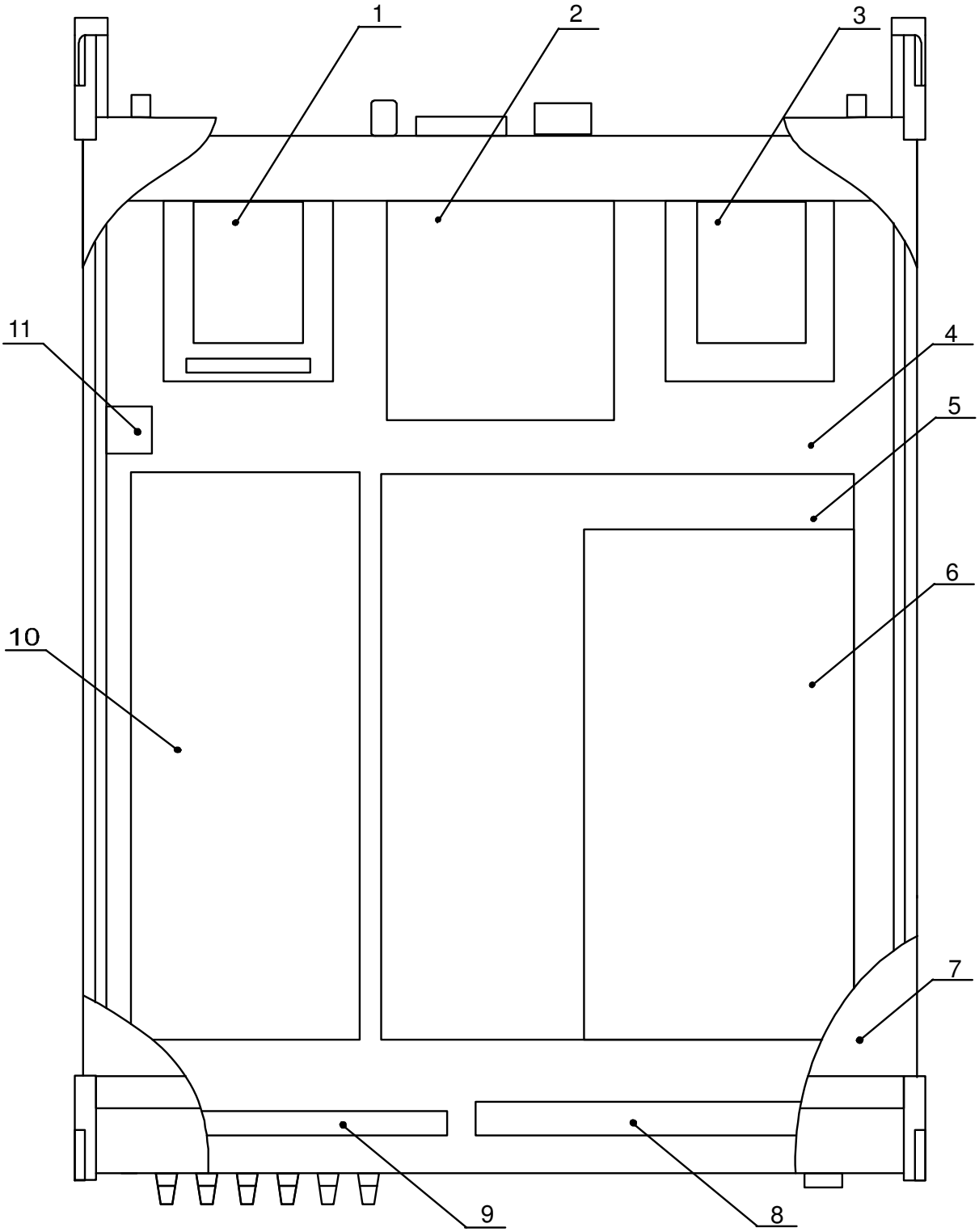


Рисунок 1.2

2 ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

2.1 Общие указания

2.1.1 Назначение раздела - дать необходимые сведения потребителю для изучения прибора с целью правильной его эксплуатации, а также, при необходимости, ремонта.

2.1.2 В данном разделе подробно рассмотрены принцип действия прибора, описаны принципиальные электрические схемы прибора Н4-7 (Н4-7/1) и методы поиска неисправностей до функциональных узлов. Приведены принципиальные электрические схемы узлов прибора, их описание, поиск и методы устранения неисправностей каждого узла.

2.1.3 Ремонтный персонал должен обладать специальным техническим образованием, знать назначение прибора, изучить подразделы " Устройство и работа", "Средства измерения и принадлежности" (часть 1 настоящего руководства), уметь работать с прибором, представлять взаимодействие его узлов и связь их с характеристиками прибора, знать конструкцию, расположение и особенности функционирования устройств прибора, а также основных элементов аналоговой и цифровой техники. Персонал должен владеть приемами и методами поиска неисправностей, уметь работать с радиоизмерительной аппаратурой, измерять параметры сигналов и электрических цепей.

Персонал должен иметь квалификационную группу по технике электробезопасности, позволяющую работать с напряжением до 1000 В.

2.1.4 Норма времени на средний ремонт (поиск и замена отказавшего элемента, подрегулировка) при должной квалификации обслуживающего персонала составляет около 2 ч, норма времени на сложный ремонт, связанный с перекалибровкой прибора, заменой ряда элементов или механическим ремонтом, составляет 8- 10 ч (без учета времени прогрева).

2.1.5 Нормы расхода материалов при ремонте прибора приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Материал	Вид ремонта			Наименование операции
	средний	сложный	капитальный	
1 Спирт этиловый 2 Бязь	10 г 0,01 м	30 г 0,05 м	100 г 0,1 м	Промывка паяных соединений от флюса

2.2 Меры безопасности и защиты прибора

2.2.1 При ремонте прибора следует соблюдать меры безопасности и защиты прибора, изложенные в разделе 2.1 части 1 настоящего руководства, и меры предосторожности, препятствующие ухудшению электрической изоляции и увеличению контактных термо-ЭДС входных (выходных) цепей.

2.2.2 При монтажных работах (снятие и установка плат) необходимо выключать прибор из сети.

2.2.3 Все измерения необходимо проводить с помощью хорошо изолированных щупов при заземленном корпусе прибора.

2.2.4 При ремонте прибора и его составных частей следует предохранять микросхемы от воздействия статического электричества. Особенно чувствительны к статическому электричеству микросхемы, извлеченные из панелей. Снятые микросхемы следует хранить в таре из проводящих материалов.

Во всех случаях следует принимать меры по выравниванию потенциалов корпуса прибора, поверхности рабочего стола и оператора, например, применяя в последнем случае заземляющий браслет.

2.2.5 При ремонте следует принимать меры по уменьшению вероятности выхода из строя элементов конструкции в результате механических воздействий, поэтому не разрешается:

- изгибать печатные платы во избежание разрыва проводников;
- прилагать усилие к монтажному кабелю при извлечении вилки разъема из гнезда;
- вставлять в панели микросхемы с деформированными выводами;
- перегревать площадки печатной платы при перепайке элементов.

2.3 Перечень средств измерения и контроля диагностической аппаратуры

2.3.1 При проведении ремонта должна быть применена аппаратура с характеристиками, указанными в таблице 2.2.

Наименование	Тип, маркировка	Код ОКП	Наименование и используемые параметры	Примечание
Вольтметр-калибратор	В2-41		Диапазон измерения: - напряжения постоянного тока 1 мкВ-1000 В; - погрешность измерения 0,01 %; - разрешающая способность 6,5 разрядов	
Мультиметр	В7-64	6681270064	Диапазон измерения: - напряжение переменного тока 0,1 мВ-700 В; - силы переменного тока 0,1 А - 2 А; - напряжения постоянного тока 0,01мВ-1000В; - сопротивления постоянному току 0,1 Ом - 10 МОм; - разрешающая способность 5,5 разрядов	
Осциллограф	С1-127		Анализ импульсных и цифровых сигналов в диапазоне частот 0 - 10 МГц; чувствительность- 1 мВ/дел - 20 В/дел	

Примечания:

1 Разрешается применять другие меры и измерительные приборы, обеспечивающие измерения соответствующих параметров с требуемой точностью.

2 Средства измерения должны быть поверены в органах государственной или ведомственной метрологической службы в соответствии с ПР 50.2.006-94.

2.4 Поузловой функциональный анализ схемы

2.4.1 Общие указания

Функциональная схема прибора приведена на рисунке 2.1. Ее анализ целесообразно предварить знакомством с п.1.5 из первой части руководства по эксплуатации.

Детализированная схема источника опорного напряжения позволяет выделить три источника опорных уровней:

- опорный уровень постоянного напряжения (± 6,4 В) формирует ИОН (U1);
- опорный уровень высокочастотного (0,3 – 1000 кГц) напряжения переменного тока формирует генератор ВЧ (U2);
- опорный уровень низкочастотного напряжения переменного тока формирует генератор НЧ 0,1- 200 Гц (U3).

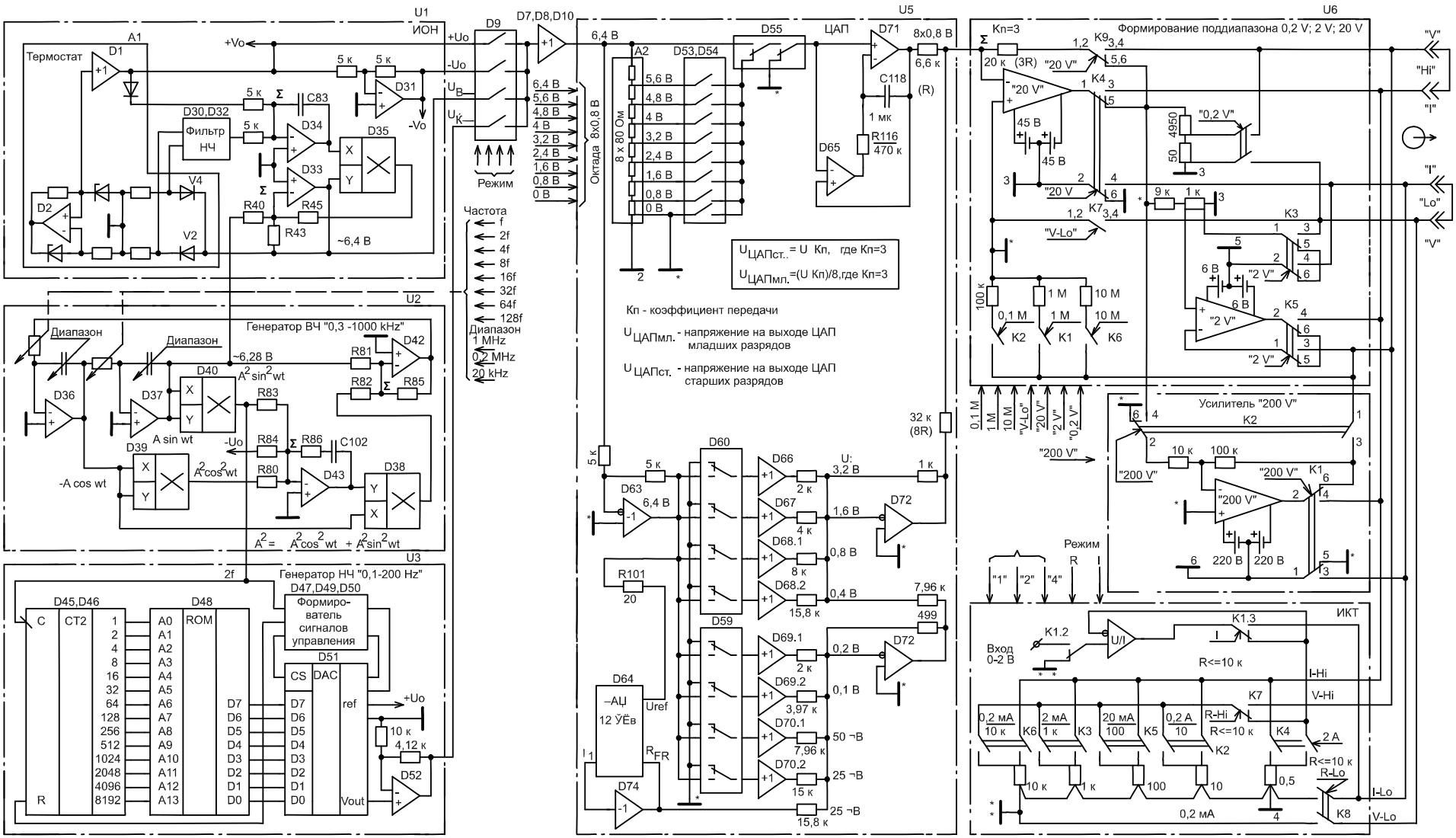


Рисунок 2.1- Функциональная схема прибора

2.4.2 ИОН

2.4.2.1 В источнике опорного напряжения постоянного тока опорные стабилитроны (с напряжением стабилизации 6,4 В) и балластные резисторы образуют схему моста, за равновесием которого следит усилитель D2 (рисунок В.1). Этим обеспечивается стабилизация электрического режима стабилитронов, (температурная стабилизация обеспечивается термостатированием). На усилителе D1 выполнен буфер, а на D31- инвертор (рисунок Б.1), реализующий опорный уровень постоянного напряжения отрицательной полярности (-6,4 В).

2.4.2.2 В состав ИОН включена схема стабилизации амплитуды ВЧ- генератора, которая реализуется путем автоматического регулирования усиления (АРУ) оконечного каскада генератора, выполненного на D33, который в данном случае, выполняет функцию усилителя с управляемым коэффициентом передачи.

2.4.2.3 Рассмотрим работу схемы стабилизации амплитуды. Коэффициент передачи усилителя D33 около единицы (R43 / R40) и может изменяться (в пределах нескольких процентов) под воздействием (через R45) сигнала управления, поступающим с выхода умножителя D35. Формирование сигнала управления осуществляется следующим образом. Сигнал ВЧ- генератора с выхода D33 выпрямляется двухполупериодным выпрямителем V2,V4, (конструктивно размещенным в термостате), фильтруется и инвертируется схемой НЧ-фильтра. После чего в виде сигнала постоянного тока отрицательной полярности поступает на вход усилителя ошибки D34, где сравнивается с опорным напряжением +6,4 В. Сигнал ошибки поступает на вход "X" умножителя D35, который реализует операцию X • Y. При уменьшении или увеличении напряжения генератора на выходе D34 появляется сигнал рассогласования, а на выходе D35- сигнал коррекции, который соответственно увеличивает или уменьшает напряжение на выходе D33, препятствуя, таким образом, любым его отклонениям. При отсутствии сигнала ошибки, сигнал на входе "x" умножителя D35 равен нулю ($x = 0$) и потому на выходе умножителя $x \cdot y = 0$. Сигнала коррекции нет.

2.4.2.4 Наконец, использование в прецизионном приборе тривиального двухполупериодного выпрямителя в качестве преобразователя переменного напряжения в постоянное, стало возможным благодаря месту его включения. Действительно на выходе D33 всегда присутствует достаточно высокий сигнал с практически неизменной амплитудой (9 В), что исключает требования высокой чувствительности и линейности преобразователя, а высокая стабильность обеспечивается термостатированием диодов (V2, V4) преобразователя.

2.4.3 Генератор ВЧ

2.4.3.1 ВЧ- генератор выполнен на основе активных интеграторов с использованием метода моделирования синусоидальных колебаний.

По функциональным признакам в схеме ВЧ- генератора могут быть выделены две группы устройств: задающий генератор и схема стабилизации амплитуды, см. рисунок 2.1.

2.4.3.2 Задающий генератор состоит из двух интегрирующих (D36 и D37) и одного инвертирующего (D42) усилителей, реализованных на интегральных ОУ. Интеграторы образуют фазосдвигающую цепь генератора с суммарным сдвигом фазы 180^0, а в совокупности с инвертором D42- 360^0, обеспечивая условие баланса фаз. Компенсацию потерь в цепи обратной связи генератора (условие баланса амплитуд) обеспечивает схема автоматической регулировки амплитуды. Стандартное решение этой задачи предполагает сравнение амплитуды генерируемых сигналов с напряжением опорного источника с тем, чтобы выделенный таким образом разностный сигнал, воздействовал на амплитуду, препятствуя ее изменениям. Сравнение переменного напряжения (U~) с постоянным опорным (Uo) осуществляется только после выпрямления U~ и его фильтрации. Чтобы даже на самых низких частотах автоматическая регулировка амплитуды не вносила искажений, необходимо чтобы постоянные времени заряда и разряда фильтра оставались, по крайней мере, в 20 раз большими, чем максимальный период колебаний генератора. Этого не требуется, если иметь возможность, определить амплитуду в любой момент времени.

Так как генератор генерирует выходные сигналы, как с синусом, так и с косинусом равной амплитуды, то амплитуду для каждого момента времени можно рассчитать по тригонометрической формуле:

$$U = \sqrt{U^2 \sin^2 wt + U^2 \cos^2 wt} \qquad (2.1)$$

Так как $\sin^2 wt + \cos^2 wt = 1$, то, возводя в квадрат синусоидальный и косинусоидальный выходные сигналы, а затем, суммируя их для формирования обратной связи, зависящей от амплитуды, получим сигнал, который не содержит никаких составляющих переменного тока. Работая непрерывно в течение выходного цикла работы генератора, он обеспечивает мгновенный контроль, ускоряя время установки новой частоты и уменьшая шум.

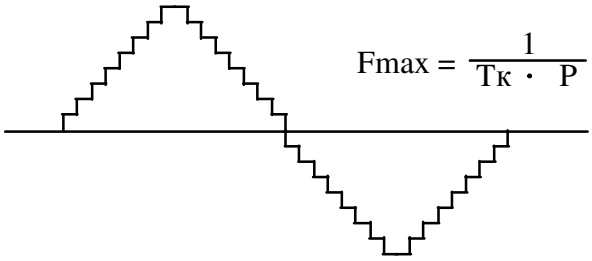
2.4.3.3 На схеме (рисунок 2.1) умножители D39, D40 возводят в квадрат косинусоидальный и синусоидальный сигналы соответственно. Суммирование этих сигналов и сравнение их с опорным напряжением "-Uo" реализуется сумматором на D43. Выделенный сигнал воздействует на умножитель D38, которым и поддерживается баланс амплитуд (около 9 В).

2.4.3.4 Частота задается RC- цепями интеграторов. Резисторы с весовыми соотношениями R, 2R, 4R, 8R, 16R, 32R, 64R, 128R формируют 256 дискретных значений частоты, например, от 0,1 до 25,6 кГц.

Пределы 0,3- 20 кГц и 21- 200 кГц формируются подключением соответствующих конденсаторов.

2.4.4 Генератор НЧ

2.4.4.1 В схеме генератора НЧ (U3, рисунок 2.1) используется принцип преобразования кода в аналоговый сигнал по методу ступенчатой аппроксимации синусоидальных функций при равномерном квантовании по уровню (рисунок 2.2).



$$F_{max} = \frac{1}{T_к \cdot P}$$

Тк - период частоты квантования,
P - число ступенек за период.

Рисунок 2.2

Синусоидальные колебания формируются (из напряжения, равного Uo=6,4В) быстродействующим шестнадцатиразрядным ЦАП (D51), управляемым по программе синуса, записанной в ПЗУ (D48). Информация в ПЗУ записана в виде таблицы натуральных значений функции синуса для углов 0 до 360^0 (4000 дискретных значений).

Число, записанное по каждому адресу ПЗУ, является кодом, отображающим значение амплитуды выходного сигнала для данного фазового угла.

Соответствующая адресация ПЗУ осуществляется адресным счетчиком D45, D46 с коэффициентом деления 4000.

2.4.4.2 Установка поддиапазона и фиксированных значений частоты реализуется соответствующими органами ВЧ - генератора, так как его выходной сигнал возбуждает адресный счетчик D45, D46. При общем коэффициенте деления 4000 диапазону 200- 1000 кГц ВЧ- генератора соответствует диапазон 50- 250 Гц (ограничен 120 Гц) НЧ- генератора, а диапазону 20- 200 кГц ВЧ- генератора - диапазон 5- 50 Гц НЧ- генератора, а диапазону 0,4- 20 кГц соответственно 0,1- 5 Гц. Коэффициент деления 4000 выбран для реализации 4000 дискретных точек ЦАП, что гарантирует требуемую точность (в совокупности с шестнадцатиразрядным ЦАП).

Сформированное таким образом НЧ - напряжение "масштабируется" усилителем D52 в 1,4 раза, что обеспечивает на выходе НЧ- генератора сигнал с амплитудой 9 В.

2.4.5 ЦАП

2.4.5.1 ЦАП обеспечивает формирование шестидекадной сетки напряжений постоянного и переменного тока (в диапазоне 10 мкВ- 20 В), преобразуя напряжение однозначной меры напряжения.

2.4.5.2 В основу построения ЦАП положен октадный принцип формирования напряжения старших разрядов. ЦАП содержит последовательный резистивный делитель А2, формирующий восемь уровней напряжений (октаду). Эти уровни через буферный повторитель напряжения D65, D71 и при помощи электронных коммутаторов D53, D54, D55, D59, D60 и D61 подключаются к суммирующему усилителю 20V через соответствующий весовой резистор (6,6 кОм).

Буферный усилитель выполнен на основе широкополосного ОУ D71, дрейф, которого корректирует узкополосный, но прецизионный усилитель D65 (п.2.4.5.6). Такая двухканальная конфигурация функционирует в режимах калибратора постоянного напряжения и в низкочастотной области калибратора переменного напряжения (до 200 Гц). В высокочастотной области работа корректирующего канала блокируется электронным ключом (на рисунке 2.1 не показан).

Таким образом, октадой формируется сетка напряжений 0,8-6,4 В с дискретностью 0,8 В. Октадный принцип формирования напряжения обусловлен удобством сопряжения с микро-ЭВМ и использованием восьмиканальных коммутаторов.

2.4.5.3 Питание октады А2 осуществляется с выхода буферного усилителя D10, D8, на вход которого через электронный коммутатор D9 подаются опорные уровни (6,4 В) ИОН и генераторов ВЧ и НЧ.

2.4.5.4 Формирование младших разрядов ЦАП разбито на две тетрады. Старшая тетрада формируется при помощи инвертора D63, коммутатора D 60, буферных усилителей D66, D67, D68 и весовых резисторов 2, 4, 8, 16 кОм.

Для формирования младшей тетрады используется сигнал с буферного усилителя D 10, который через коммутатор D59, буферные усилители D 69, D70 и весовые резисторы 2, 4, 8, 16 кОм поступает на промежуточный сумматор D73. Для реализации необходимой разрешающей способности (единицы мкВ) на этот же сумматор через весовой резистор 16 кОм поступает также сигнал с 12 разрядного интегрального ЦАП D64.

Общее суммирование младших разрядов ЦАП происходит с помощью сумматора D72, сигнал с которого через весовой резистор 52 кОм поступает на выходной суммирующий усилитель 20 В.

2.4.5.5 Следует отметить, что сумматор U6 имеет коэффициент передачи 3 (отношение резисторов 20 кОм / 6,6 кОм), что позволяет из максимального напряжения ЦАП 7,2 В сформировать предел 20V.

2.4.5.6 Рассмотрим работу повторителя напряжения с корректирующим каналом (D71, D65, рисунок 2.1), так как эта конфигурация широко используется в приборе. Именно таким образом выполнены буферные усилители D10, D71, усилитель предела "2V".

Дрейф усилителя D71 корректирует прецизионный усилитель D65. Напряжение с выхода микросхемы D71 сравнивается с ее входным напряжением на усилителе D65 (собственное смещение которого равно единицам мкВ).

С выхода D66 сигнал рассогласования поступает на неинвертирующий вход D73, компенсируя смещение до уровня смещения прецизионного усилителя D66.

В результате в совокупной схеме реализуются частотные свойства широкополосного усилителя (D71), а дрейфовые характеристики (в низкочастотной области спектра) прецизионного усилителя D65.

В высокочастотной области спектра работа корректирующего канала парализуется фильтром R116, C118, а в реальной схеме дополнительно блокируется ключевой схемой D61 (на частотах выше 200 Гц).

2.4.6 Формирование пределов калибратора напряжения

2.4.6.1 Суммирование напряжений ЦАП производит усилитель "20V" (с сопротивлением 20 кОм в цепи обратной связи), выход которого подключается к зажимам прибора "V"-"I"-"Hi" и "V"-"I"-"Lo" контактами реле предела 20V .

2.4.6.2 Усилитель "20V" нагружается на делители с коэффициентами деления 10 и 100 (9 кОм/1 кОм и 4,95 кОм / 0,05 кОм), реализуя, таким образом, пределы 2V и 0,2V, при этом предел 2V формируется активной схемой на базе усилителя "2V", подключенного к выходу делителя 10:1.

2.4.6.3 Предел 200V формируется усилителем напряжения 200В, конструктивно размещенном на отдельной плате. Этот усилитель имеет коэффициент передачи 10, который определяется отношением резисторов 100 кОм / 10 кОм и осуществляет масштабное преобразование выходного напряжения суммирующего усилителя ЦАП (усилителя "20V").

2.4.7 ИКТ

2.4.7.1 ИКТ выполнен отдельным блоком. Он реализует функцию преобразования напряжения ЦАП в силу тока. Преобразование осуществляется усилителем U/I (см. рисунок 2.1) в цепь отрицательной обратной связи которого включается нагрузка калибратора.

Формирование пределов калибратора тока производится подключением токозадающих резисторов (Ro). Напряжение ЦАП, подаваемое на вход усилителя U / I возбуждает ток на его выходе, равный Uцап / Ro (по основному свойству операционных усилителей напряжения на его входах равны). Предел 2А формируется сопротивлением 0,5 Ом, поэтому максимальная величина напряжения ЦАП, в этом случае, ограничена значением 1 В (1 В / 0,5 Ом = 2 А). Эта мера предпринята для снижения мощности Ro.

2.4.7.2 Резисторы датчика Ro, равные 10 и 100 Ом, а также 1 и 10 кОм, используются в режиме калибратора сопротивлений. Высокоомные резисторы калибратора сопротивлений конструктивно размещены на плате ЦАП.

2.4.8 Организация питания узлов прибора

2.4.8.1 Относительная автономность большинства узлов прибора с одной стороны и наличие взаимных связей, в том числе и через управляющие выходы регистра, с другой стороны обуславливают специфику питания основных узлов. В частности, соединение общих шин источников питания ставит целью жесткое разделение силовой (токовой) и измерительной (потенциональной) шины. Организацию питания узлов прибора иллюстрирует схема рисунок 2.3.

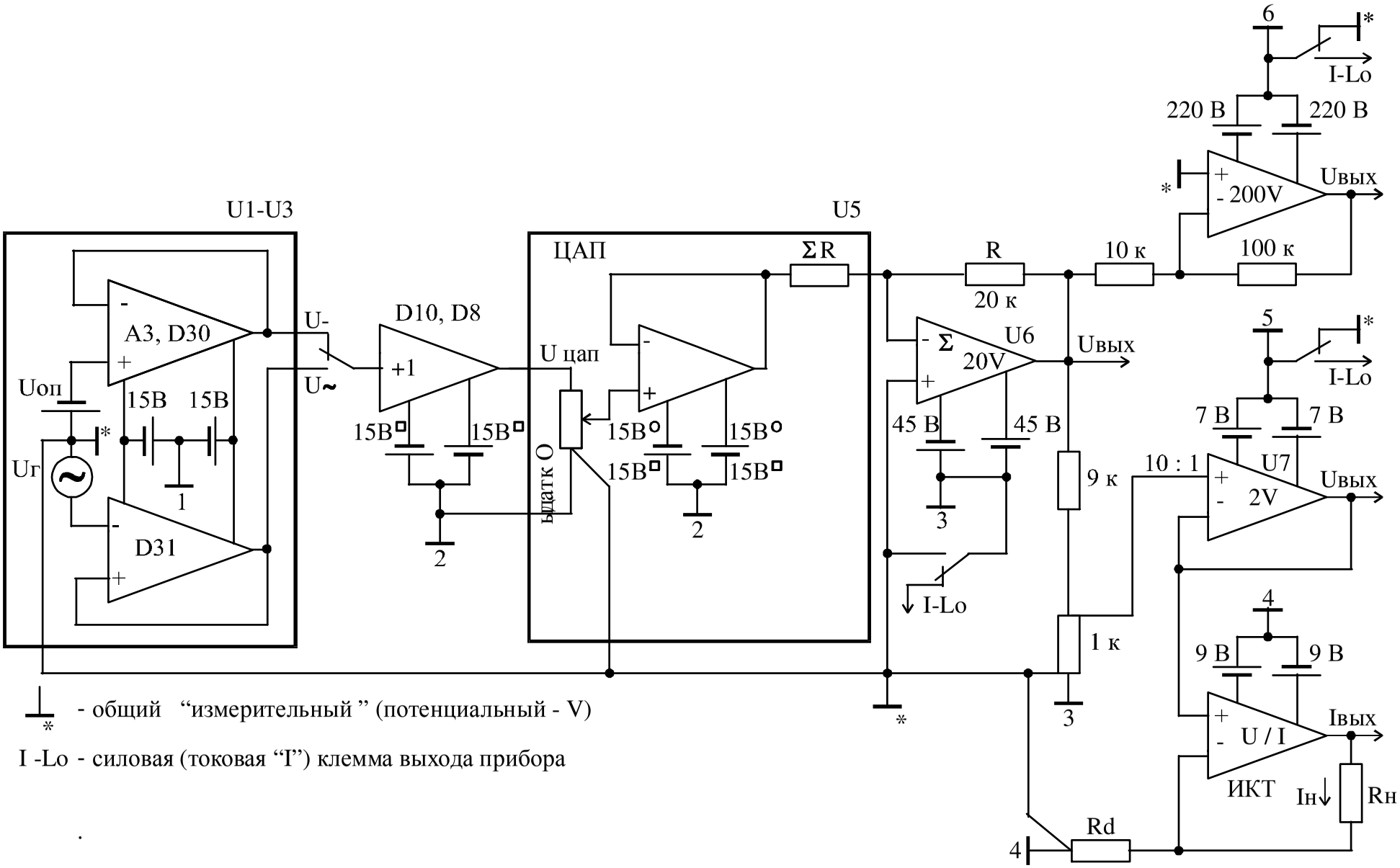

U1-U3
A3, D30
D31
Uоп
Uг
15В
15В
1
U-
U~
D10, D8
+1
15В
15В
2
ЦАП
U цап
ыдатк О
15В
15В
15В
15В
2
U5
ΣR
R
20 к
10 к
100 к
Σ
U6
20V
Uвых
45 В
45 В
3
I-Lo
9 к
1 к
3
10 : 1
U7
2V
Uвых
7 В
7 В
5
I-Lo
6
I-Lo
220 В
220 В
- 200V
Uвых
4
9 В
9 В
U / I
ИКТ
Iвых
Iн
Rн
Rd
4
- общий "измерительный" (потенциальный - V)
I -Lo - силовая (токовая "I") клемма выхода прибора

Рисунок 2.3

2.5 Описание электрической принципиальной схемы прибора

2.5.1 Схема электрическая принципиальная калибратора универсального Н4-7 (Н4-7/1) приведена на рисунке А.1 приложения А, перечень элементов – в таблице А.1. Размещение узлов прибора иллюстрируется графическим материалом (см. рисунок 1.2).

2.5.2 Электрическая принципиальная схема прибора раскрывает взаимосвязь функциональных узлов прибора. Схема также отражает конструктивное исполнение прибора, выполненного в виде двух гальванически несвязанных друг с другом частей - управляющей (состоящей из плат процессора А1 и платы управления А2) и исполнительной (преобразователь аналоговый U1). Основу последней составляют главные метрологические узлы прибора: базовая плата А4, источник калиброванных токов (А3) и усилитель 200 В (А5), питание которых обеспечивается от изолированных и экранированных обмоток.

2.5.3 Информационная связь процессора с аналоговым преобразователем (U1) осуществляется через четыре канала, организованных на базе оптронов (разъем Х1 в А4 и Х2 в А1).

2.5.4 Связь прибора с оператором осуществляется через устройство управления, основу которого составляют плата управления А2 (кнопочная панель) и двустрочный индикатор. Связь процессора и устройства управления осуществляется через разъем Х1.

2.5.5 Тумблером S3 блокируется несанкционированный доступ в энергонезависимое запоминающее устройство (ЭНЗУ), а тумблером S1 может отключаться высокое напряжение питания усилителя "200 V".

2.6 Поиск неисправных узлов прибора

2.6.1 Задача подраздела - дать рекомендации по обнаружению неисправного узла. Ниже приведены рекомендации общего характера:

- полное отсутствие индикации или отдельных ее частей, включая подсвет кнопок, свидетельствует о неисправности устройства А2;
- неисправность интерфейса определяется при работе прибора в системе программными и аппаратными средствами системы;
- неисправность одного из трех узлов исполнительной секции: базовой платы (ЦАП), ИКТ или усилителя 200 В можно определить по характеру и величине выходных сигналов в соответствующем режиме и пределе.

После выявления неисправного узла необходимо перейти к установлению причины неисправности. Методы поиска неисправностей в конкретных узлах изложены в последующих подразделах.

2.6.2 В случае внешней причины отказа (обрыв или замыкание межблочных связей, цепей питания или управления и т.п.) неисправность может быть определена стандартными методами ("прозвонкой" цепей, осциллографированием сигналов) в соответствии со схемой на прибор. Такой анализ может быть проведен на основе изучения работы схемы.

2.6.3 В процессе работы с прибором необходимо следить за тем, чтобы отсутствовало замыкание крышек корпуса с экраном (их изоляция рассчитана на напряжение 50 В).

2.7 Описание электрической принципиальной схемы базовой платы

2.7.1 **Общая информация**

2.7.1.1 Схема электрическая принципиальная базовой платы приведена на рисунке Б.1 приложения Б, перечень элементов - в таблице Б.1, а план размещения элементов - на рисунке Б.2.

2.7.1.2 На принципиальной схеме базовой платы выделены следующие функциональные узлы:

- ИОН (U1);
- генератор ВЧ 0,2- 1000 кГц (U2);
- генератор НЧ 0,1- 120 Гц (U3);
- схема управления ЦАП (U4);
- ЦАП (U5);
- усилитель "20V" (U6);
- усилитель "2V" (U7).

Назначение, принцип действия, схемотехническая организация и взаимодействие этих узлов подробно рассмотрены в п.2.4.

2.7.1.3 Питание узлов U1-U3 обеспечивают источники стабилизированного питания +15 В (D17), -15 В (D18) и +5 В (D12), получающих питание от мостовых выпрямителей V10 и V6. Усилители узла U5, ключевые микросхемы узлов U4, U5, микросхемы D7, D8, D10 питаются от источников ±15 В□ (стабилизаторы D1, D2). Нестабилизированные источники ± 45 В (V9) и ±6 В (V8), питающие усилитель "20V" (U6) и усилитель "2V" (U7) дополнены устройством защиты.

Общие шины усилителей U6 и U7 (⊥ 3 и ⊥5] подключены к общей шине их источников питания ± 45 В и ± 6 В через резисторы R20 и R18, что позволяет по падению напряжения на них контролировать ток потребления усилителей. При превышении этим током некоторого порогового уровня (40- 50 мА), например, при коротком замыкании выхода, открываются транзисторные ключи V13, V11 при положительной полярности и V12, V14 при отрицательной полярности. При этом через светодиоды оптронного ключа D20 начинает протекать ток и на его выходе формируется сигнал перегрузки, который подается на вход оптронного канала перегрузки (D6). С выхода микросхемы D6 аварийный сигнал поступает на плату процессора через контакт X1:5 и на табло прибора появляется соответствующее оповещение. На оптрон D20 через контакт "13" поступает также сигнал перегрузки от усилителя напряжения 200В.

2.7.1.4 Управляющие сигналы процессора через три оптоэлектронных канала D3- D5 базовой платы поступают на последовательный регистр D11, D13- D16, D19, D23, D25 и управляют работой всех узлов ЦАП. Загрузка регистра сигналами процессора начинается с последовательного регистра, расположенного внутри микросхемы D64 (контакты 5, 9 вход регистра, контакт 6- выход) с выхода этого регистра сигнал поступает на вход (вывод 2) D11, "продвигаясь" далее по всей цепочке 64- битного регистра.

Микросхема D64, (12- разрядный ЦАП) формирует младшие разряды напряжения калибратора.

2.7.1.5 Управление цепями питания реле осуществляется через транзисторные сборки D24, D26, D44. Функционирование схемы и взаимодействие контактов реле удобно изучать по упрощенной схеме прибора (рисунок 2.1).

2.7.1.6 Опорное напряжение в устройство U5 (ЦАП) поступает с буферного усилителя D10, на вход которого от коммутатора D9 в зависимости от установленного режима подключается выход генератора ВЧ, НЧ или ИОН ("+Uo" или "-Uo").

2.7.1.7 Стабилитроны опорного источника и диоды измерительного выпрямителя, обеспечивающего преобразование переменного напряжения в постоянное, конструктивно размещены в активном термостате A1.

2.7.1.8 Для исключения разрыва цепей обратной связи усилителей "2V" и "20V" при снятых перемычках на выходных гнездах прибора, низко и высокопотенциальные пары выводов усилителей соединены (для положительной и отрицательной полярности) через диоды сборок V15- V18.

2.7.2 Источник опорного напряжения постоянного тока

2.7.2.1 Схема электрическая принципиальная термостата приведена на рисунке В.1 приложения В, перечень элементов - в таблице В.1, а план размещения элементов - на рисунке В.2.

2.7.2.2 Назначение устройства U1 определяется его названием. Проблемы обеспечения требуемого электрического и температурного режимов опорных стабилитронов в схеме ИОН решаются схемой стабилизатора и схемой терморегулятора соответственно. На рисунке 2.4 приведена упрощенная схема ИОН, где выделены эти узлы.

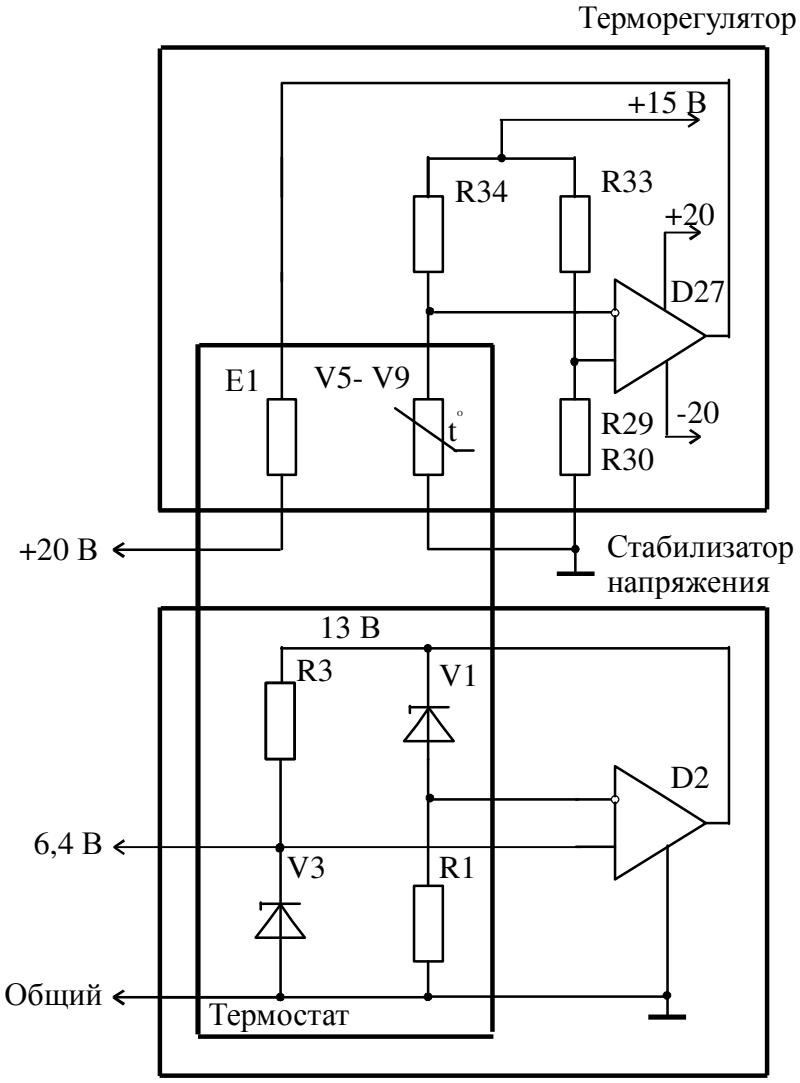


Рисунок 2.4

2.7.2.3 В схеме стабилизатора напряжения балластные резисторы R1, R3 и стабилитроны V1, V3 образуют мост, за равновесием которого следит усилитель D2, включенный в цепь глубокой отрицательной обратной связи (в одну диагональ моста включен вход усилителя, а в другую - выход). Благодаря большому коэффициенту усиления, в этой схеме практически полностью исключается влияние нестабильности питающего напряжения на выходное напряжение 6,4 В. В стационарном (установившемся) режиме напряжение на стабилитронах, а следовательно, и на выходе усилителя D2, неизменно, что позволяет сохранить неизменным и напряжение на выходе 6,4 В. Для исключения влияния окружающей температуры схема моста помещена в активный термостат, ослабляющий влияние окружающей среды более чем в пятьдесят раз.

2.7.2.4 Поддержание неизменной температуры в полости термостата обеспечивает схема терморегулятора. Любое изменение температуры внутри термостата приводит к нарушению баланса моста R33, R32, R28, R29, V5- V9 из- за изменения напряжения на датчике температуры V5- V9 (чувствительность датчика- примерно минус 10 мВ/ ^{0}С). В зависимости от направления (полярности) разбаланса изменяется выходное напряжение усилителя D29 в сторону увеличения или уменьшения, что приводит к регулированию мощности, рассеиваемой нагревателем E1 термостата и, соответственно, поддержанию заданного уровня температуры. Исходный уровень температуры 60- 65 ^{0}С.

2.7.2.5 На усилителе D31 с делителем R37 (рисунок 2.1) в цепи обратной связи собран инвертор, формирующий опорное напряжение отрицательной полярности.

2.7.3 Генератор ВЧ

2.7.3.1 Схема ВЧ генератора (U2) достаточно подробно рассмотрена в п.2.4.3 и практически не нуждается в более детальном рассмотрении. Можно отметить, что сигнал с выхода D38 поступает на вход D42 на низких частотах через резистор R82, и на высоких (>200 кГц) через более низкое сопротивление резистора R79 (подключение шунтирующей цепи осуществляется через ключ D41). Этими мерами удается снизить коэффициент гармоник на высоких частотах.

2.7.3.2 Перестройка частоты генератора осуществляется коммутацией RC цепей интеграторов D36, D37. Коммутация осуществляется по команде процессора контактами реле К10- К19, управляемыми через транзисторную матрицу D44 и транзисторы V2, V3, V19, базовые цепи которых подключены к выводам регистров.

2.7.4 Генератор НЧ

2.7.4.1 Как отмечалось (п.2.4.4), синусоидальные колебания низкочастотного генератора (U3) в частотном диапазоне 0,1 Гц- 200 Гц формируется шестнадцатиразрядным ЦАП D51, управляемым по программе "синуса" записанной в ПЗУ D48. Соответствующая адресация ПЗУ осуществляется сигналами счетчика D45, D46.

2.7.4.2 Для формирования синусоидального сигнала используется не шестнадцать разрядов ЦАП D51, а пятнадцать. Эти пятнадцать разрядов данных записываются в D51 за два такта входного сигнала: сначала- 8 старших разрядов, а затем 7 младших. Необходимые для записи сигналы формируют D45-D47, D49, D50 (рисунок 2.5).

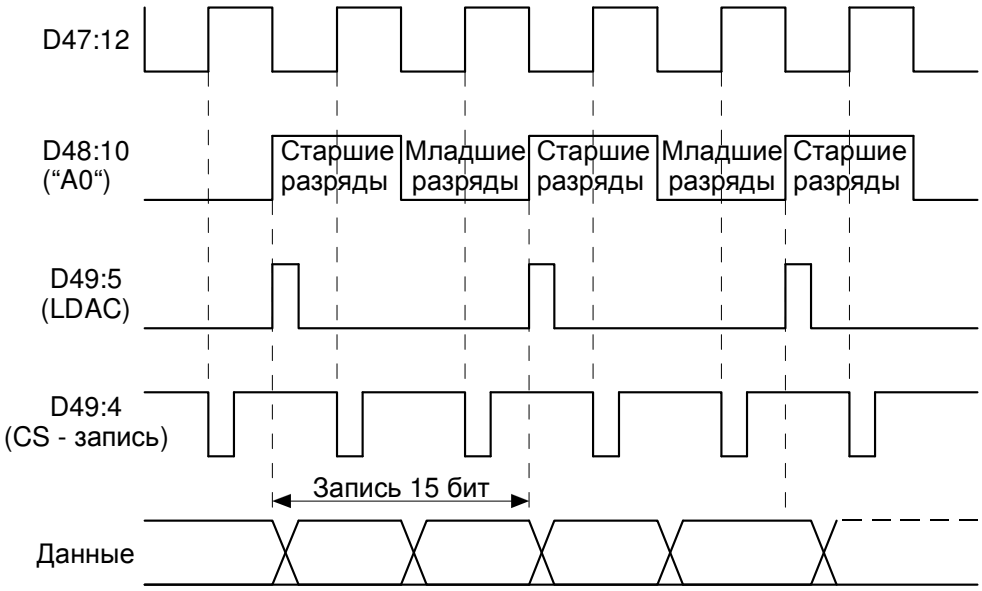


Рисунок 2.5

Младший шестнадцатый разряд не участвует в формировании амплитуды синусоидального сигнала, он всегда равен нулю, а единичный уровень подается только тогда, когда завершен период выдачи синусоиды (необходимо начинать новый цикл). Из него микросхемой D50.1,2 формируется импульс "сброс" счетчика D45, D46.

2.7.5 ЦАП

ЦАП (U5) обеспечивает формирование шестидекадной сетки постоянных и переменных напряжений в диапазоне 10 мкВ-20 В. Его схема подробно рассмотрена в п.2.4.5.

2.7.6 Усилитель "20V"

2.7.6.1 Усилитель "20V" (U6) формирует основной предел 20V калибратора. Кроме того этот усилитель выполняет функцию сумматора выходных сигналов ЦАП. Трехканальная структура усилителя обеспечивает широкую полосу усиления (от 0 Гц до 1 МГц).

Основной канал усиления выполнен на основе широкополосного интегрального усилителя D77, дрейф которого корректируется прецизионным, но низкочастотным усилителем D76 (корректирующий канал). Устойчивость схемы в области высоких частот обеспечивает третий – ВЧ- канал усиления, выполненный на истоковом повторителе V20, V21 (нагрузка R130) и эмиттерных повторителях V22, V23, исходный режим которых ("смещение") задается резистивным делителем R132- R134.

2.7.6.2 Задачей корректирующего канала (D76) является коррекция дрейфа D77 (до 5 мкВ / ^{0}С) до значений дрейфа D76 (0,1 мкВ / ^{0}С). По этой причине D76 работает в узкой полосе (единицы Гц), задаваемой R126, C126 и R131, C135.

2.7.6.2 Сигнал основного канала, после предварительного усиления микросхемой D77, дополнительно усиливается схемой усиления с общей базой на транзисторах V24, V25 (базы имеют фиксированный потенциал 15 В). Ток этих транзисторов (эмиттерный и коллекторный) меняется в строгом соответствии входному сигналу и выделяется в виде усиленного напряжения на сопротивлениях R138, R141 нагрузки. Ток ВЧ- канала через R136 и R137 смешивается с током основного канала и далее усиливается в тракте единого канала. На составных транзисторах V26, V30 и V29, V31 собран двухтактный каскад дополнительного усиления по напряжению, который "работает" на оконечный каскад усиления по току: эмиттерный повторитель на V32, V34 и V33, V35. Каждое плечо двухтактного эмиттерного повторителя сформировано из двух каскадов работающих параллельно, чем обеспечивается ток нагрузки до 50 мА при активной емкостной нагрузке. Начальный режим (ток) эмиттерных повторителей задается напряжением на диодах V27, V28 и сопротивлениями R148- R151.

2.7.6.3 В цепь обратной связи усилителя включено сопротивление 20 кОм (верхнее плечо делителя R121). Соединение этого сопротивления с выходом усилителя "20V" осуществляется либо через контакты реле К9, либо через перемычку, соединяющую высокопотенциальные выходные гнезда прибора.

2.7.7 Усилитель "2V"

2.7.7.1 Усилитель "2V" (U7) представляет собой повторитель напряжения снимаемого с выхода делителя 10:1 (R2, рисунок А.1).

Основу усилителя составляет широкополосный операционный усилитель D80, дрейф которого корректирует прецизионный операционный усилитель D79. Эта структура подробно описана в п.2.4.5.6.

2.7.7.2 Ключевая схема D78 на частотах выше 200 Гц блокирует работу корректирующего канала.

2.8 Поиск неисправностей базовой платы

2.8.1 Поиск неисправностей базовой платы возможен персоналом, тщательно изучившим прибор, хорошо представляющим его состав, взаимодействие узлов и элементную базу. Описание схемы составлено с высокой степенью подробностей, с привлечением графического и иллюстративного материала, отражающего режимы, принцип действия и взаимодействие узлов, что позволяет обнаружить неисправность традиционным методом- путем последовательной проверки прохождения сигналов и измерения режимов. Например, отсутствие сигналов на выходе ЦАП при наличии всех управляющих сигналов на контактах X1 (при исправном процессоре) и исправности источников питания предполагает следующий алгоритм поиска неисправности:

- проверка наличия управляющих сигналов на выходах регистров D11, D13- D16, D19, D23, D25;
- проверка наличия опорных уровней напряжения на входах микросхемы D9: "+Uo"= 6,4 В ± 5 %, "-Uo" = 6,4 В ± 5 %, "Uвч" = ~6,4 В ± 5 %, "Uнч" =~ 6,6 В ± 5 % и передачи этих уровней в соответствии с установленным режимов через ОУ D10 на делитель A2;
- проверка наличия сигналов ЦАП на выходах усилителей D63, D66-D74 при соответствующих управляющих сигналах;
- проверка функционирования усилителя "20V" (U6), "2V" (U7);
- проверка исправности реле К1- К9 и схем управления ими.

2.8.2 С учетом материалов, изложенных в разделе 2.7, обнаружение неисправностей в большинстве узлов ЦАП не представляет большого труда. Однако очень часто прохождение сигнала не может быть достаточным критерием полной исправности прибора. Необходимо оценить стабильность напряжения опорных источников. Типичные колебания напряжения "Uo" не должны превышать ± 10 мкВ, а для переменных напряжений "Uвч" и "Uнч" - 50- 60 мкВ.

Стабильность напряжений "+Uo" и "-Uo" определяется качеством стабилитронов, отсутствием возбуждений усилителя (контролируется на входе и выходе D31 осциллографом с чувствительностью не менее 1 мВ/см) и, наконец, исправностью схемы терморегулирования термостата A1.

Стабильность напряжения"Uвч" определяется качеством работы генератора и стабилизатора уровня U~(U1).

2.8.3 Следует заметить, что неисправность схемы терморегулятора термостата A1 не исключает наличия опорных уровней "+Uo", "-Uo", "Uвч", а отражается в их повышенной температурной нестабильности. Неисправность схемы терморегулятора легко обнаруживается по значительному (сотни милливольт) отклонению напряжения на диодах в датчике температуры (A1, контакт 6). В исправном термостате это напряжение составляет около 2,4 В, а его колебания не превышают 2 мВ.

Наиболее вероятной причиной неисправности может быть усилитель D29, обрыв (замыкание) схемы. Менее вероятной причиной неисправности может стать выход из строя одного или нескольких диодов- датчиков температуры.

После устранения неисправности в схеме терморегулятора необходимо включить прибор и убедиться в том, что напряжение на диодах- датчиках температуры снижается до (2,4 ± 0,2) В и после 15- 30 мин снижения остается стабильным.

После замены элементов стабилизатора ИОН и терморегулятора прибор необходимо перекалибровать (опорное напряжение изменилось).

2.8.4 Поиск неисправностей при полной потере работоспособности усилителей следует начинать с проверки с помощью омметра целостности радиоэлементов (резисторов, p-n переходов транзисторов и т.д.) в выключенном из сети приборе.

2.9 Описание электрической принципиальной схемы источника калиброванных токов (ИКТ)

2.9.1 Схема электрическая принципиальная ИКТ приведена на рисунке Г.1 приложения Г, перечень элементов - в таблице Г.1, а план размещения элементов - на рисунке Г.2.

2.9.2 Схема ИКТ содержит элементы коммутации: реле К1- К8, обеспечивающие переключение датчиков тока R3, R4, расположенных вне платы А1 и конструктивно закрепленных на радиаторе транзисторов выходного каскада, а также датчиков тока R2- R4, R7 платы А1.

Реле К1 своими контактами 11 и 13 замыкает цепь обратной связи усилителя ИКТ , если не установлен режим калибратора тока. Через контакты реле К1: 4, 8 на вход усилителя ИКТ поступает преобразуемое в ток напряжение с выхода ЦАП. Если не установлен режим калибратора тока, то контактами реле К1: 4, 6 вход усилителя замкнут на общую шину.

2.9.3 Фрагмент схемы усилителя приведен на рисунке 2.6. В этой схеме применена не совсем обычная схема связи операционного усилителя (ОУ) с дополнительным выходным каскадом. Здесь используется свойство ОУ потреблять ток от источника питания, практически соответствующий току его выходного каскада (ток In, рисунок 2.6). Нагрузкой усилителя D8 является резистор R10. В цепь источника положительного питания усилителя (+9 В) включен каскад на транзисторе V3, ток In создает падение напряжения на резисторе R9, которым управляется "плечо" выходного каскада на транзисторе 2Т825А. При изменении входного сигнала в такт, которого меняется сопротивление транзистора (в интегральном ОУ D8), что изменяет величину тока In. Таким образом, через ток In входной сигнал усилителя воздействует на выходной каскад усилителя (транзистор 2Т825А и 2Т827А).

Питание ± 5 В для ОУ D8 обеспечивается интегральными стабилизаторами D4, D5 напряжение которых поступает на входы питания усилителя D8: 4, 7 через база- эмиттерный переход транзисторов V2 и V3.

В схеме ИКТ между коллекторами транзисторов V2, V3 включена цепочка R11, R12, C14, которая позволяет устанавливать начальный режим транзисторов выходного каскада. Цепь дополнительного (регулируемого) тока создается от источников питания ± 9 В через резисторы R8, R14, R15, R9, при этом переменная составляющая этого тока имеет дополнительный канал через конденсатор C14.

2.9.4 Закодированные сигналы управления реле поступают с платы ЦАП на D1, D2. Таблица кодов управления на рисунке Г.1.

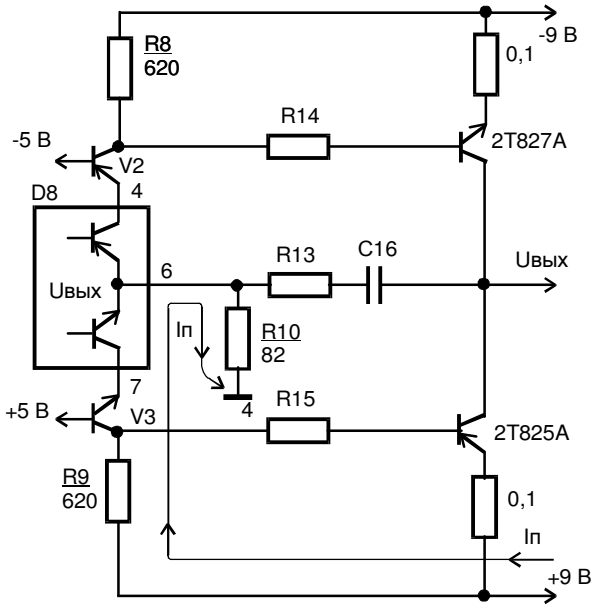


Рисунок 2.6

2.10 Поиск неисправностей узла ИКТ

2.10.1 В случае, если не работает один из пределов, необходимо убедиться в исправности соответствующего реле, его цепей управления и соответствующего датчика тока.

2.10.2 При полной неработоспособности узла необходимо проверить источник питания, наличие команды "I", а затем схему усилителя ИКТ (подробное описание работы усилителя позволяет сделать это).

2.10.3 После ремонта усилителя следует проверить его функционирование и измерить нелинейные искажения. На величину искажений влияет регулировка R12.

2.10.4 Таблица кодов управления реле используется для проверки адекватной реакции элементов коммутации на сигналы управления, поступающие с платы ЦАП, при проверке работы D1, D2.

2.11 Усилитель напряжения 200В

2.11.1 Схема электрическая принципиальная усилителя напряжения 200В приведена на рисунке Д.1 приложения Д, перечень элементов - в таблице Д.1, а план размещения элементов - на рисунке Д.2.

2.11.2 Усилитель напряжения 200В выполнен по схеме с двумя параллельными каналами усиления.

2.11.3 Низкочастотный канал усиления состоит из операционного усилителя (ОУ) D1 с корректирующим ОУ D2, транзисторов V13- V16 с фиксированными потенциалами баз и выходного каскада усиления. Выход ОУ D1нагружен на низкоомную нагрузку R19 (220 Ом), что обуславливает резкое изменение токов потребления микросхемы при подаче входного сигнала. Это приводит к изменению напряжений на резисторах R15 и R16, управляющих двухтактным выходным каскадом. Корректирующая цепь C15, R19 обеспечивает устойчивость усилителя в области высоких частот, а изменением ее постоянной времени потенциометром R19 достигается оптимальный наклон амплитудно-частотной характеристики усилителя.

2.11.4 Высокочастотный канал усиления образован истоковым повторителем на V3, V6, сопрягающим каскадом на транзисторах V9, V10 и далее теми же элементами, что и низкочастотный канал усиления.

2.11.5 Выходной каскад выполнен по двухтактной схеме усиления на транзисторах V17, V18, V21- V26. Необходимое усиление каскада по току достигается с помощью эмиттерных повторителей на V29 и V30.

2.11.6 Питание усилителя осуществляется от выпрямителя, состоящего из диодного моста V41, конденсаторов C24, C26 и двух стабилизаторов напряжения.

2.11.7 Стабилизатор напряжения положительной полярности состоит из регулирующего элемента на транзисторах V33 и V35, управляемого коллекторным током транзисторов V31 и V36. Схема сравнения образована стабилитроном V37, формирующим опорное напряжение и делителем на резисторах R30, R37, R36, включенного на выход стабилизатора. Установка требуемого напряжения на выходе стабилитрона осуществляется потенциометром R37.

Ограничение тока нагрузки и, как следствие, защита усилителя по положительной полярности происходит за счет открывания транзистора V27. Информация о перегрузке передается оптопарой D3.1, D3.2 для срабатывания команды "СБРОС" прибора Н4-7.

2.11.8 Стабилизатор напряжения отрицательной полярности аналогичен вышеописанному и состоит из регулирующего элемента (транзисторы V34, V40), управляющих транзисторов V32, V39, делителя обратной связи (резисторы R33, R38 и R39), опорного стабилитрона V38 и схемы ограничения тока нагрузки (транзистор V28, светодиод D4.1), а уровень выходного напряжения стабилизатора устанавливается с помощью потенциометра R38.

2.11.9 Охлаждение высоковольтных транзисторов усилителя осуществляется вентилятором M1, который питается от выпрямителя, состоящего из диодного моста V42 и конденсатора C25.

2.12 Поиск неисправностей усилителя напряжения 200В

2.12.1 Поиск неисправностей при полной потере работоспособности усилителя следует начинать с проверки с помощью омметра целостности радиоэлементов (резисторов, диодов, p-n переходов транзисторов и т.д.). После замены неисправных элементов прибор необходимо включить и произвести измерение рабочих режимов. Они должны соответствовать значениям, приведенными в таблице 2.3.

2.12.2 При измерении режимов, с целью предотвращения возбуждения из-за подключения входной емкости вольтметра, необходимо высокопотенциальный вход его подключить через резистор сопротивлением 10- 20 кОм, надежно заизолировав его от соприкосновения оператора.

Таблица 2.3

Позиционное обозначение	Напряжение, В
C24, C26	235- 290
V37, V38	22,8- 25,2
т.12, т.10	215- 225
R1	0,6- 0,7
V11, V12	14,2- 15,8
R2	15- 17,5
R4, R6	2,4- 2,6
R7, R9	1,3- 1,6
R15, R16	1,7- 2,4
R20, R21	1,1- 1,8
R22, R25	0,5- 1,2
R40, R41	0,04- 0,1

2.13 Процессор

2.13.1 Описание электрической принципиальной схемы процессора

2.13.1.1 Схема электрическая принципиальная процессора приведена на рисунке Е.1 приложения Е, перечень элементов - в таблице Е.1, а план размещения элементов – на рисунке Е.2.

Процессор является центральным управляющим узлом прибора. Микро-ЭВМ собрана на микросхемах D3 (однокристальная микро-ЭВМ), D6 (защелка адреса), D8 (ОЗУ).

Микросхема D1 предназначена для подачи положительного импульса сброса после включения питания, резонатор D1 задает тактовую частоту процессора.

Порты "P0", P2" и линии "RD", "WR", "ALE" микросхемы D3 обеспечивают работу микро-ЭВМ и связь с микросхемой D9; порт "P1" и линии "INTO", "INTI", "T0", "T1" обеспечивают управление работой прибора.

Линии "TXD", "RXD" служат для связи прибора с внешней ЭВМ через интерфейс СТЫК С2 (RS- 232С), кроме того по линии "TXP" передается информация на индикатор.

Микросхема D2 является энергонезависимым запоминающим устройством (ЭНЗУ), предназначенным для хранения констант калибровки. Связь с ней осуществляется по двум линиям в соответствии с протоколом "I2C".

2.13.1.2 На микросхемах D4, D5 собран гальванически развязанный интерфейс СТЫК С2 (RS-232С). Внешняя часть интерфейса получает питание ± 12 В

по сигнальным линиям канала связи, и благодаря малому потреблению не перегружая их. Скорость приема (передачи) данных выбрана 9600 бод.

2.13.1.3 Через разъем осуществляется связь с платой ЦАП. На линии "данные" выставляется бит данных, затем по линии "синхр." подается синхронизирующий импульс, вызывающий запись выставленного бита данных в сдвиговый регистр платы ЦАП. После передачи 60 бит (полной загрузки сдвигового регистра ЦАП) подается отрицательный импульс по линии "запись", вызывающий подачу введенной информации на выход сдвигового регистра платы ЦАП, и, следовательно, установку нового параметра на выходе прибора. Процесс этот происходит однократно при изменении оператором выходного параметра прибора или периодически (в режиме импульсной модуляции).

2.13.1.4 По линии "перегрузка" плата ЦАП сообщает процессору о состоянии перегрузки. В ответ на это процессор записывает управляющие сигналы в сдвиговый регистр ЦАП, которые обнуляют выходной параметр и отключают все реле платы ЦАП и кроме того, индицируют перегрузку на табло прибора ("ERROR 40").

2.13.1.5 Вывод сообщений на индикатор и ввод информации с кнопочной панели платы управления осуществляется через разъем X3.

2.13.1.6 На плате процессора также размещен интерфейс, который является устройством связи прибора с внешней ЭВМ через канал общего пользования (КОП).

2.13.1.7 Интерфейс КОП собран на микросхемах D9 (БИС интерфейса КОП NAT7210) и D10, D11 (двунаправленные шинные формирователи с тремя состояниями SN75160B и SN75161B).

2.13.1.8 Основой устройства является БИС интерфейса КОП NAT7210, на которой реализовано следующее подмножество интерфейсных функций КОП по ГОСТ 26.003-80:

- СИ1 - синхронизация источника;
- СП1 - синхронизация приемника;
- И5 - источник;
- П3 - приемник;
- З1 - запрос на обслуживание;
- ДМ1 - дистанционный местный;
- ОП1 - параллельный опрос;
- СБ1 - очистить устройство;
- ЗП1 - запуск устройства.

2.13.1.9 Блок питания, собранный на диодах V7- V10 и микросхеме D12, обеспечивает питание процессора и платы управления.

2.13.1.10 При работе плата процессора может выводить на индикатор диагностические сообщения, список которых приведен ниже.

а) В случае неисправности процессора на табло индикатора прибора появляются следующие сообщения:

- "ERROR 10"- невосстановимая ошибка ЭНЗУ: после нажатия кнопки "ENTER V, I" прибор произведет заполнение ЭНЗУ исходными константами из ПЗУ прибора; после этого необходимо произвести полную калибровку прибора;
- "ERROR 11", "ERROR 12"- восстановимая ошибка ЭНЗУ: после нажатия кнопки "ENTER V, I" прибор произведет восстановление содержимого ЭНЗУ;
- "ERROR 13"- аппаратная ошибка ЭНЗУ: не выполняется протокол связи "I2C.

б) В случае ошибки оператора на табло индикатора появляются сообщения:

- "ERROR 20"- попытка ввести слишком большое число;
- "ERROR 21"- вводимое напряжение (ток) выходит за выбранный предел;
- "ERROR 22"- попытка ввести отрицательное напряжение (ток) в режимах "Hz", "кHz";
- "ERROR 23"- попытка калибровки не на калибровочной частоте в режимах "Hz", "кHz";

-"ERROR 24"- вводимая калибровочная константа слишком отличается от исходной;

-"ERROR 25"- слишком большая калибровочная константа при калибровке октад;

-"ERROR 26"- попытка калибровки при выключенном тумблере разрешения калибровки;

-"ERROR 27"- вводимое напряжение (ток) выходит за возможности прибора;

-"ERROR 28"- вводимое напряжение (ток) выходит за установленный оператором уровень ограничения.

в) При ошибках связи по каналу интерфейса RS-232C на табло появляются сообщения:

-"ERROR 51"- переполнение входного буфера: обычная причина – не та частота (не 9600 бод);

-"ERROR 52"- непонятная команда: обычная причина- ошибка оператора.

г) Прочие сообщения:

-"PAUSE"- прибор занят записью в ЭНЗУ и не может реагировать на нажатие кнопок передней панели;

Внимание ! - Выключение питания в этом состоянии может привести к стиранию ЭНЗУ.

-"ERROR 19"- прибор не может точно выставить заданное напряжение (ток);

-"ERROR 60"- неисправность интерфейса КОП: обычная причина- ошибка оператора, допущенная при калибровке октад, однако, возможна и неисправность платы ЦАП. При возникновении этой ошибки следует не только проверить правильность констант октад, но и стыковку октад: для любой константы октад прибор должен иметь возможность выставить то же напряжение более младшими октадами;

-"ERROR 40"- перегрузка платы ЦАП. Если это сообщение появляется без видимых причин, или, наоборот, не появляется при действительной перегрузке, то это свидетельствует о неисправности прибора.

2.14 Поиск неисправностей процессора

2.14.1 При поиске неисправностей процессора предполагается, что все остальные узлы прибора исправны.

2.14.2 При поиске неисправности ядра процессора (микросхемы D3, D7) прибор после включения не проводит тест индикатора и не выводит никаких сообщений.

В этом случае следует проверить наличие питающего напряжения +5 В на процессоре на разъеме X2 (питание платы управления).

Затем проверяется наличие импульсов частотой 1,3 МГц на выходе "ALE" D3:33. Наличие импульсов говорит о том, что работает внутренний тактовый генератор и внутренняя логика микро-ЭВМ D3.

Если предыдущие проверки прошли нормально, то нужно проверить осциллографом линии связи процессора с устройством управления от контакта "TxD" микросхемы D3 через микросхему D7 до к.5 X3 и от к.4 X3 до входа INT0 микросхемы D3. При поворотах ручки "EDIT" на передней панели на этих линиях должны появляться импульсы.

2.14.3 Повторяющиеся ошибки "ERROR 10, 11, 12" свидетельствуют о неисправности ЭНЗУ. При этом следует произвести замену ЭНЗУ (D2) и полную калибровку прибора.

При ошибке "ERROR13" следует поверить прохождение сигналов от выводов P1.0, P1.1 микросхемы D3 до вводов SCL, SDA микросхемы D2. При этом прибор переводится в режим редактирования напряжения. При повороте ручки "EDIT" по указанным линиям должны появляться пачки импульсов. Если неисправность не найдена, следует сменить микросхему D2 с последующей калибровкой прибора.

2.14.4 В случае невыполнения прибором команд, подаваемых через интерфейс СТЫК С", в первую очередь необходимо проверить правильность установки параметров связи: скорость 9600 бод, 8 бит без бита четности. Затем осциллографом проверяется прохождение сигнала по линии R{Dot разъема X4 до входа оптопары D4.1. При этом "земля" осциллографа должна быть соединена не с "землей" прибора, а с "землей" внешней ЭВМ. Параллельно следует проверить питание микросхемы D5: оно должно быть близко к ± 10 В. Далее, соединив "землю" осциллографа с "землей" прибора, проверить прохождение сигнала с выхода оптрона D4:1 до входа RXD микросхемы D3.

Если прибор выполняет команды, но не выдает данные в канал, то аналогично проверяется прохождение сигнала от вывода TXD D3 до контакта "5" (TXD) разъема X4. При этом следует иметь в виду, что микро-ЭВМ D3 выдает по линии "TXD" сообщение только по команде от внешней ЭВМ, поэтому, чтобы получить повторяющийся сигнал на выводе TXD, внешняя ЭВМ должна постоянно инициировать этот процесс.

2.14.5 При неисправности связи процессора с платой ЦАП возможны следующие случаи:

- прибор управляется с передней панели, но на выходе нет сигнала. В этом случае следует проверить прохождение сигналов от выводов P1.2- P2.4 микросхемы D3 до соответствующих контактов разъема X2. Для этого необходимо включить режим выдачи напряжения и режим импульсной модуляции "П2". Тогда на указанных выводах с частотой 24 Гц появятся импульсы: на выводах P1.2, P1.4- пачки импульсов а на выводе P1.3- отрицательные однократные импульсы;
- сообщение "ERROR 40" появляется без видимых причин или не появляется при реальной перегрузке прибора: проверить линию от разъема X2:5 до вывода 16 микросхемы D3.

2.14.6 Для поиска неисправностей интерфейса КОП следует использовать анализатор логических состояний КОП814.

2.15 Описание электрической принципиальной схемы платы управления

2.15.1 Схема электрическая принципиальная платы управления приведена на рисунке Ж.1 приложения Ж, перечень элементов - в таблице Ж.1, а план размещения элементов - на рисунке Ж.2.

2.15.2 Плата управления служит для вывода информации на двустрочный знакосинтезирующий ЖКИ индикатор, передачи в процессор сообщений о нажатии кнопок оператором или о повороте им энкодера A1, а также для управления светодиодами H1- H8, отражающими режим работы прибора.

2.15.3 Основу схемы составляет однокристальная микро-ЭВМ D2.

Информацию для индикации плата управления получает от процессора в последовательном коде по линии P3.1.

Выводы P2.3- P2.5 служат для подачи управляющих сигналов на индикатор; выводы P2.2 – P2.0- для опроса клавиатуры; порт PO служит как для передачи данных индикатору, так и для опроса клавиатуры.

По линиям P3.2, P3.3 микро ЭВМ определяет угол поворота и направление вращения энкодера A1.

Микросхема D1 подает на микросхему D2 сигнал сброса при включении (выключении) питания резистор R26 регулирует контрастность индикатора.

2.16 Поиск неисправностей платы управления

2.16.1 Поиск неисправностей производится с помощью осциллографа.

2.16.2 Линии проверяются на отсутствие обрывов и коротких замыканий ("серос" – состояние линии или отсутствие сигналов).

2.16.3 Ниже описаны сигналы на исправной плате и условия их возникновения:

а) в пассивном состоянии линии порта P0: P3.3- P3.0 - в высоком состоянии; P2.2- P2.0 – в низком состоянии;

б) при вращении ручки энкодера на P3.2, P3 возникают отрицательные импульсы, как и нажатие любой кнопки, вызывает следующую последовательность событий:

1) соответствующий код передается по линии P3.1 процессору;

2) идет запись в индикатор, при этом на линиях P2.5- P2.0, P0 появляются импульсные сигналы;

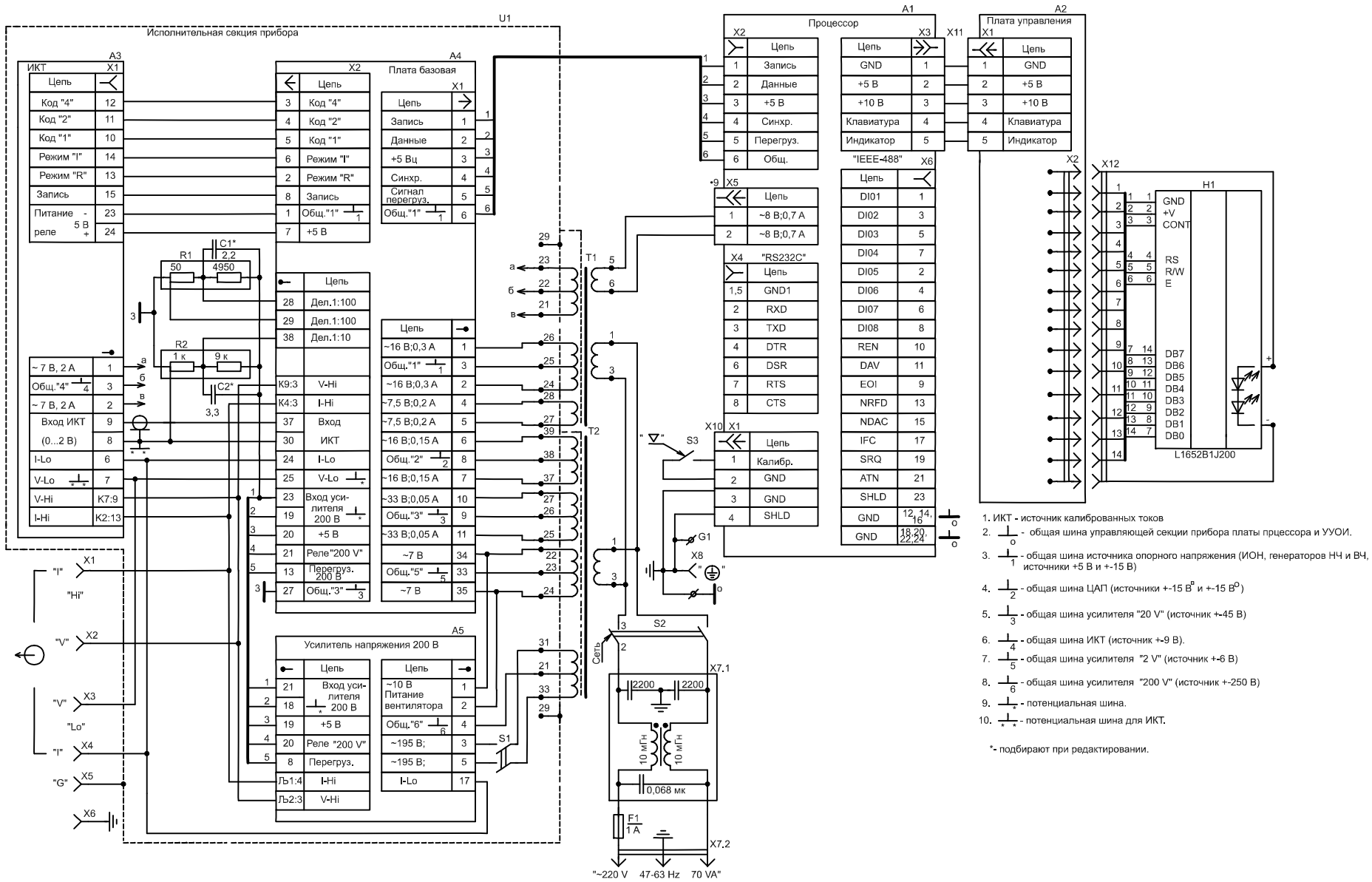
3) если внешних воздействий нет, то осуществляется переход в пассивное состояние.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Схема электрическая принципиальная и перечень элементов калибратора универсального Н4-7

Таблица А.1- Перечень элементов калибратора универсального Н4-7

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
A1	Процессор КМСИ.467444.006	1	
A2	Плата управления КМСИ.687242.025	1	
F1	Вставка плавкая ВП2Б-1В 1А 250 В ОЮ0.481.005 ТУ	1	
H1	Индикатор L1652B1J200 ф."SEIKO INSTRUMENTS"	1	
S1	Тумблер П2Т-1-1В ОЮ0.360.028 ТУ	1	
S2	Тумблер SWR45	1	
S3	Тумблер П1Т-1-1В ОЮ0.360.028 ТУ	1	
T1	Трансформатор КМСИ.671111.053-01	1	
T2	Трансформатор КМСИ.671111.053	1	
X1,X2	Клемма КМСИ.687223.006-01	2	Красная
X3,X4	Клемма КМСИ.687223.006	2	Черная
X5	Клемма КМСИ.687223.006-02	1	Серая
X6	Клемма КМСИ.687223.005	1	Черная
X7	Вилка FKV2-55-1/I=150928	1	
X8	Клемма ЯЫ4.835.018	1	
X9	Соединитель КМСИ.685611.050	1	
X10	Соединитель КМСИ.685611.047	1	
X11	Соединитель КМСИ.685611.048	1	
X12	Соединитель КМСИ.685611.045	1	16 конт.
U1	Преобразователь аналоговый	1	
A3	Источник калиброванных токов (ИКТ) КМСИ.418115.004	1	
A4	Плата базовая КМСИ.468158.011	1	
A5	Усилитель напряжения 200 В КМСИ.469135.092	1	
C1*	Конденсатор К10-17б-М47-2,2 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C2*	Конденсатор К10-17б-М47-3,3 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
R1	Делитель 1:100 КМСИ.434156.037	1	50 Ом / 4950 Ом
R2	Делитель 1:10 КМСИ.434156.036	1	1 кОм/ 9 кОм
	Примечание- * - подбирают при регулировании		



1. ИКТ - источник калиброванных токов
2. - общая шина управляющей секции прибора платы прцессора и УУОИ.
3. - общая шина источника опорного напряжения (ИОН, генераторов НЧ и ВЧ, источники +5 В и +-15 В)
4. - общая шина ЦАП (источники +-15 В^{а} и +-15 В^{о})
5. - общая шина усилителя "20 V" (источник +-45 В)
6. - общая шина ИКТ (источник +-9 В).
7. - общая шина усилителя "2 V" (источник +-6 В)
8. - общая шина усилителя "200 V" (источник +-250 В)
9. - потенциальная шина.
10. - потенциальная шина для ИКТ.

*- подбирают при редактировании.

Рисунок А.1 Схема электрическая принципиальная прибора Н4-7

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

БАЗОВАЯ ПЛАТА
Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов

Таблица Б.1- Перечень элементов базовой платы

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
C1,C2	Конденсатор SR 35 В-470 мкФ	2	
C3…C8	Конденсатор К53-42-25 В-15 мкФ ±20 % ТЦАФ.673546.006 ТУ	6	
C9...C16	Конденсатор К10-17в-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	8	
C17,C18	Конденсатор К10-17б-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C20	Конденсатор К10-17б-Н90-1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C21	Конденсатор К10-17б-М750-82 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C23	Конденсатор SR 16 В-1000 мкФ	1	
C24…C27	Конденсатор К53-42-16 В-22 мкФ ±20 % ТЦАФ.673546.006 ТУ	4	
C28...C30	Конденсатор К10-17в-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	3	
C31	Конденсатор К10-17б-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C33	Конденсатор SR 16 В-1000 мкФ	1	
C34	Конденсатор SR 63 В-220 мкФ	1	
C35	Конденсатор К73-17-250 В-0,068 мкФ ±20 % ОЖ0.461.104 ТУ	1	
C36	Конденсатор SR 16 В-1000 мкФ	1	
C37	Конденсатор SR 63 В-220 мкФ	1	
C38,C39	Конденсатор К10-17б-Н90-0,022 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C40,C41	Конденсатор SR 35 В-470 мкФ	2	
C42...C53	Конденсатор К53-42-25 В-15 мкФ ±20 % ТЦАФ.673546.006 ТУ	12	
C54...C66	Конденсатор К10-17в-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	13	
C68...C76	Конденсатор К10-17б-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	9	
C77,C78	Конденсатор К53-42-10 В-10 мкФ ±20 % ТЦАФ.673546.006 ТУ	2	
C79,C80	Конденсатор К10-17в-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C82	Конденсатор К10-17б-М1500-0,015 мкФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C83	Конденсатор К10-17б-М1500-0,015 мкФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C144	Конденсатор К10-17б-М1500-6800 пФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C146, C147	Конденсатор К10-17в-М1500-0,022 мкФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	2	
D1	Микросхема КР142ЕН8В бК0.348.634-03 ТУ	1	
D2	Микросхема КР1162ЕН15А АДБК.431420.164 ТУ	1	
D3…D6	Микросхема MOC5007 ф."MOTOROLA"	4	
D7	Микросхема ADG436BN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D8	Микросхема OP177FP ф."ANALOG DEVICES"	1	
D9	Микросхема ADG441BN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D10	Микросхема AD825AR ф."ANALOG DEVICES"	1	
D11	Микросхема КР1561ПР1 бК0.348.794-02 ТУ	1	
D12	Микросхема КР1158Н5В АДБК.431420.102 ТУ	1	
D13…D16	Микросхема КР1561ПР1 бК0.348.794-02 ТУ	4	
D17	Микросхема КР142ЕН8В бК0.348.634-03 ТУ	1	
D18	Микросхема КР1162ЕН15А АДБК.431420.164 ТУ	1	
D19	Микросхема КР1561ПР1 бК0.348.794-02 ТУ	1	
D20	Микросхема КР249КН2А АДБК.431160.344 ТУ	1	

Продолжение таблицы Б.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
D21	Микросхема КР1168ЕН6А АДБК.431420.198 ТУ	1	
D22	Микросхема КР1157ЕН6А АДБК.431420.049 ТУ	1	
D23	Микросхема КР1561ПР1 бК0.348.794-02 ТУ	1	
D24	Микросхема К1109КТ22 бК0.348.635-07 ТУ	1	
D25	Микросхема КР1561ПР1 бК0.348.794-02 ТУ	1	
D26	Микросхема К1109КТ22 бК0.348.635-07 ТУ	1	
К1...К9	Реле РВ-5А Тг5.670.005 ТУ	9	
R1	Резистор С2-29В-0,062-20 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R3...R5	Резистор С2-23-0,125-3,6 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	3	
R6,R7	Резистор С2-23-0,125-6,8 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R8	Резистор С2-23-0,125-3,6 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R9	Резистор С2-23-0,125-470 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R11	Резистор С2-29В-0,062-20 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R12	Резистор С2-23-0,125-10 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R13	Резистор С2-23-0,125-3,6 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R14	Резистор С2-23-0,125-20 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R15,R16	Резистор С2-23-0,125-10 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R17	Резистор С2-23-0,125-3 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R18	Резистор С2-23-0,125-12 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R19	Резистор С2-23-0,125-3 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R20	Резистор С2-23-0,125-12 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R21,R22	Резистор С2-23-0,125-200 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R23	Резистор РМП-5 100 кОм ТУ РБ 28621399.004	1	
R24	Резистор РМП-5 1 МОм ТУ РБ 28621399.004	1	
R25	Резистор РМП-5 10 МОм ТУ РБ 28621399.004	1	
R26,R27	Резистор С2-23-0,125-1,5 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
V1	Выпрямительный мост DF02M	1	
V2...V5	Транзистор КТ3102ДМ аА0.336.122 ТУ	4	
V6	Выпрямительный мост DF02M	1	
V8...V10	Выпрямительный мост DF02M	3	
V11	Транзистор КТ3107Д аА0.336.170 ТУ	1	
V12	Транзистор КТ3102ДМ аА0.336.122 ТУ	1	
V13	Транзистор КТ3107Д аА0.336.170 ТУ	1	
V14	Транзистор КТ3102ДМ аА0.336.122 ТУ	1	
V15... V18	Диод КД629АС9 аА0.336.601 ТУ	4	
V40,V41	Диод 10BQ030	2	
X1	Вилка PLS-6	1	
X2	Вилка PLS-8	1	

Продолжение таблицы Б.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
U1	*ИОН U=*	1	
A1	Термостат КМСИ.411631.012	1	
C84,C85	Конденсатор К10-17б-Н90-1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C86	Конденсатор К10-17б-Н90-0,22 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C87,C88	Конденсатор К73-17-63 В-0,47 мкФ±10 % ОЖ0.461.104 ТУ	2	
C89	Конденсатор К10-17б-Н90-2,2 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C90	Конденсатор К10-17б-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C91	Конденсатор К10-17б-М1500-6800 пФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
D29	Микросхема OPA544T-1 ф."BURR BROWN"	1	
D30	Микросхема AD708JN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D31	Микросхема OP177FP ф."ANALOG DEVICES"	1	
D32	Микросхема INA105KP ф."BURR BROWN"	1	
D33	Микросхема AD825AR ф."ANALOG DEVICES"	1	
D34	Микросхема OP177FP ф."ANALOG DEVICES"	1	
D35	Микросхема AD734AN ф."ANALOG DEVICES"	1	
R28	Резистор С2-29В-0,062-2,21 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R29	Резистор С2-23-0,125-130 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R30,R31	Резистор С2-23-0,125-30 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R32,R33	Резистор С2-29В-0,062-12,1 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	2	
R34	Резистор С3-14-0,125-4,7 МОм ±10 %-В ОЖ0.467.113 ТУ	1	
R35,R36	Резистор С2-23-0,125-30 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R37	Делитель МД3005 5 кОм/5 кОм	1	
R38*	Резистор С2-29В-0,062-470 Ом ±0,25 %-1,0-Д ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R39	Делитель МД3005 5 кОм/5 кОм	1	
R40	Резистор С2-29В-0,062-4,99 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R41	Резистор С2-23-0,125-20 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R42	Резистор С2-23-0,125-1 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R43	Резистор С2-29В-0,062-4,99 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R44	Резистор С2-23-0,125-10 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R45	Резистор С2-29В-0,062-15 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
X3	Вилка PLS-9	1	9 конт.
X4	Вилка PLS-2	1	
U2	*Генератор ВЧ*	1	
C92	Конденсатор К10-43а-МПО-А-169 пФ ±2 % ОЖ0.460.165 ТУ	1	
C93	Конденсатор К10-43а-МПО-А-787 пФ ±1 % ОЖ0.460.165 ТУ	1	
C94	Конденсатор КТ4-37В-4/20-М750 АДПК.673552.003 ТУ	1	
C95,C96	Конденсатор К10-43а-МПО-А-4420 пФ ±1 % ОЖ0.460.165 ТУ	2	
C97	Конденсатор КТ4-37В-8/80-М750 АДПК.673552.003 ТУ	1	
C98	Конденсатор КТ4-37В-6/30-М750 АДПК.673552.003 ТУ	1	
C99	Конденсатор К10-43а-МПО-А-169 пФ ±2 % ОЖ0.460.165 ТУ	1	
C100	Конденсатор К10-43а-МПО-А-787 пФ ±1 % ОЖ0.460.165 ТУ	1	

Продолжение таблицы Б.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
C101	Конденсатор КТ4-37В-4/20-М750 АДПК.673552.003 ТУ	1	
C102,C103	Конденсатор К10-43а-МПО-А-4420 пФ ±1 % ОЖ0.460.165 ТУ	2	
C104	Конденсатор КТ4-37В-8/80-М750 АДПК.673552.003 ТУ	1	
C105	Конденсатор КТ4-37В-6/30-М750 АДПК.673552.003 ТУ	1	
C106	Конденсатор К10-17б-М1500-6800 пФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C107	Конденсатор К10-17б-М47-3,3 пФ ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C108	Конденсатор К10-17б-Н90-2,2 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
D36,D37	Микросхема AD825AR ф."ANALOG DEVICES"	2	
D38	Микросхема AD734AN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D39,D40	Микросхема AD734BN ф."ANALOG DEVICES"	2	
D42	Микросхема AD825AR ф."ANALOG DEVICES"	1	
D43	Микросхема AD708JN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D44	Микросхема К1109КТ22 бК0.348.635-07 ТУ	1	
K10…K19	Реле ASX20012 ф."NAIS"	10	
R46,R47	Резистор С2-29В-0,062-160 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	2	
R48	Резистор С2-23-0,125-402 Ом ±2 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R49	Резистор С2-23-0,125-300 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R50	Резистор С2-29В-0,062-20 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R51	Резистор С2-29В-0,062-10 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R52…R54	Резистор С2-23-0,125-10 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	3	
R55	Резистор С2-29В-0,062-79,6 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R56	Резистор С2-29В-0,062-39,7 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R57	Резистор С2-29В-0,062-4,99 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R58	Резистор С2-29В-0,062-2,49 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R59	Резистор С2-29В-0,062-1,24 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R60,R61	Резистор С2-23-0,125-10 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R62,R63	Резистор С2-29В-0,062-160 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	2	
R64	Резистор С2-29В-0,062-79,6 кОм ±0,1 %-1,0-АОЖ0.467.099 ТУ	1	
R65	Резистор С2-23-0,125-300 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R66	Резистор С2-29В-0,062-20 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R67	Резистор С2-29В-0,062-10 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R68...R70	Резистор С2-23-0,125-10 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	3	
R71	Резистор С2-23-0,125-402 Ом ±2 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R72	Резистор С2-29В-0,062-39,7 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R73	Резистор С2-29В-0,062-4,99 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R74	Резистор С2-29В-0,062-2,49 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R75	Резистор С2-29В-0,062-1,24 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R76,R77	Резистор С2-23-0,125-10 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R80	Резистор С2-29В-0,062-8,45 кОм ±0,25 %-1,0-Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R81	Резистор С2-29В-0,062-4,99 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R82	Резистор С2-29В-0,062-6,26 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R83	Резистор С2-29В-0,062-8,45 кОм ±0,25 %-1,0-Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R84	Резистор С2-29В-0,062-7,68 кОм ±0,1 %-1,0-Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R85	Резистор С2-29В-0,062-4,99 кОм ±0,1 %-1,0-АОЖ0.467.099 ТУ	1	
R86	Резистор С2-23-0,125-100 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	

Продолжение таблицы Б.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
R87	Резистор С2-23-0,125-1 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
V19	Транзистор КТ3102ДМ аА0.336.122 ТУ	1	
V38,V39	Диод BAV99	2	
U3	*Генератор НЧ*	1	
C109, C110	Конденсатор К10-17б-М47-33 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C111	Конденсатор К10-17б-М47-1500 пФ ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C112	Конденсатор К10-17б-М1500-3000 пФ ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
D45,D46	Микросхема КР1533ИЕ19 бКО.348.806-48 ТУ	2	
D47	Микросхема КР1533ТЛ2 бКО.348.806-35 ТУ	1	
D48	Микросхема управления КМСИ.467532.006-06	1	КР573РФ8А бК0.348.422-08 ТУ
D49	Микросхема КР1533АГ3 бКО.348.806-41 ТУ	1	
D50	Микросхема КР1533ЛА4 бК0.348.806-09 ТУ	1	
D51	Микросхема AD660BN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D52	Микросхема OP177FP ф."ANALOG DEVICES"	1	
R88	Резистор С2-23-0,125-10 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R89	Резистор С2-23-0,125-1 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R90	Резистор С2-23-0,125-2 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R91,R92	Резистор С2-23-0,125-4,7 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R93	Резистор С2-23-0,125-680 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R94	Резистор Р2-67-0,125-10 кОм ±0,01 % 2 А В ОЖ0.467.563 ТУ	1	
R95,R96	Резистор С2-23-0,125-51 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R97	Резистор С2-23-0,125-680 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R98	Резистор Р2-67-0,125-4,12 кОм ±0,01 % 2 А В ОЖ0.467.563 ТУ	1	
U4	*Схема цепей управления ЦАП*	1	
D53,D54	Микросхема ADG441BN ф."ANALOG DEVICES"	2	
D55	Микросхема ADG436BN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D59,D60	Микросхема ADG333ABN ф."ANALOG DEVICES"	2	
D61	Микросхема ADG436BN ф."ANALOG DEVICES"	1	
U5	*ЦАП*	1	
A2	Делитель КМСИ.434156.031 80 Омх8	1	
C115	Конденсатор К10-17б-Н90-1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C117	Конденсатор К10-17б-М47-10 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C118	Конденсатор К10-17б-Н90-1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C119	Конденсатор К10-17б-М750-82 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C120*	Конденсатор К10-17б-М47-39 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C121	Конденсатор К10-17б-Н90-0,33 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C122	Конденсатор К10-17б-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C123*	Конденсатор К10-62-М47-1,5 пФ±0,5 % ОЖ0.460.217 ТУ	1	

Продолжение таблицы Б.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
C124	Конденсатор КТ4-37В-1,8/10-М750 АДПК.673552.003 ТУ	1	
C145	Конденсатор К10-17б-М47-270 пФ ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
D63	Микросхема AD845KN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D64	Микросхема DAC7943EQ ф."ANALOG DEVICES"	1	
D65	Микросхема OP177FP ф."ANALOG DEVICES"	1	
D66,D67	Микросхема AD845KN ф."ANALOG DEVICES"	2	
D68...D70	Микросхема LT1358CN8 ф."LINEAR TECHNOLOGY"	3	
D71,D72	Микросхема AD825AR ф."ANALOG DEVICES"	2	
D73,D74	Микросхема AD845KN ф."ANALOG DEVICES"	2	
D75	Микросхема OP177FP ф."ANALOG DEVICES"	1	
K20	Реле ASX20012 ф."NAIS"	1	
R99*	Резистор С2-23-0,125-33 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R100	Делитель МД3005 5 кОм/5 кОм	1	
R101	Резистор С2-23-0,125-20 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R102	Резистор С2-23-0,125-100 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R103	Резистор С2-23-0,125-20 кОм ±1 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R104	Резистор С2-23-0,125-10 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R105	Резистор С2-23-0,125-150 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R106	Резистор С2-23-0,125-33 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R107	Резистор С2-23-0,125-15 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R108	Резистор VHD144: R1=1 кОм (±0,1 %)/R2=2 кОм (±0,1 %), ±0,05 %, ±0,5 ppm/°C ф."VISHAY"	1	
R109	Резистор 300144: R1=4 кОм (±0,1 %)/R2=8 кОм (±0,1 %), ±0,05 %, ±1 ppm/°C ф."VISHAY"	1	
R111	Резистор С2-29В-0,062-15,8 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R112	Резистор С2-29В-0,062-2 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R113	Резистор С2-29В-0,062-3,97 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R114	Резистор С2-29В-0,062-7,96 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R115	Резистор С2-29В-0,062-15,8 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R116, R117	Резистор С2-23-0,125-20 кОм ±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R118	Резистор С2-29В-0,062-7,87 кОм ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R119	Резистор С2-29В-0,062-499 Ом ±0,1 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R120	Резистор С2-23-0,125-20 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R121	Резистор VHD200: R1=6,6 кОм (±0,1 %)/R2=20 кОм (±0,1 %), ±0,05 %, ±0,5 ppm/°C Ф."VISHAY"	1	
R123	Резистор С2-23-0,125-47 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R124	Резистор С2-23-0,125-10 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R125	Резистор С2-29В-0,062-15 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R126	Резистор С2-23-0,125-20 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R127	Резистор RCK-0,2-51,7 кОм ±0,05 % Ф."VISHAY"	1	
R157	Резистор С2-23-0,125-10 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R158	Резистор С2-23-0,125-68 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R159	Резистор СП3-19а-0,5-330 Ом±10 % ОЖ0.468.134 ТУ	1	
R160	Резистор С2-29В-0,062-332 Ом ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	1	
V37	Транзистор КТ3107Е аА0.336.170 ТУ	1	

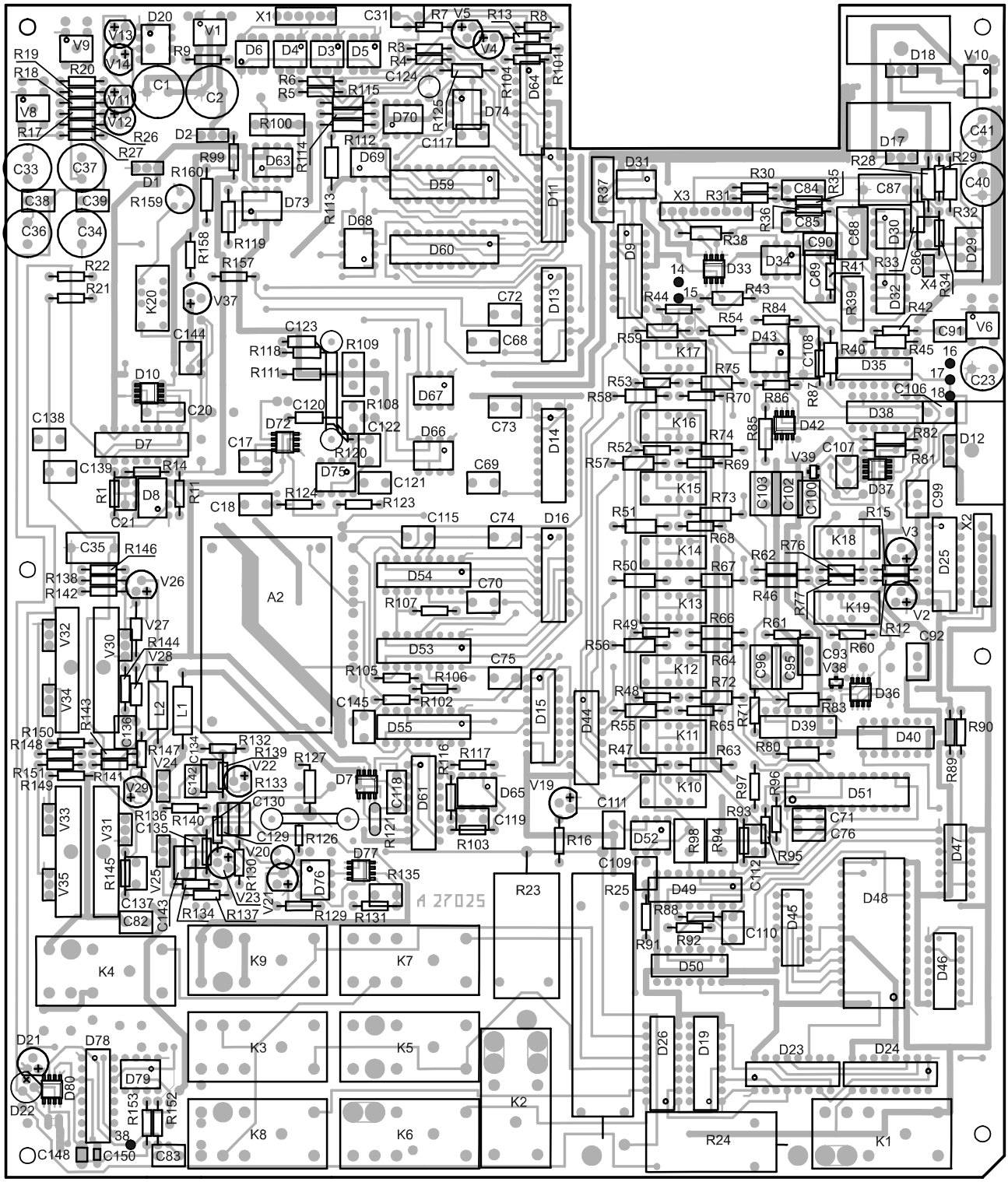
Продолжение таблицы Б.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
U6	*Усилитель "20 V"*	1	
C126	Конденсатор К10-17б-М1500-0,01 мкФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C127, C128	Конденсатор К53-42-25 В-15 мкФ ±20 % ТЦАФ.673546.006 ТУ	2	
C129, C130	Конденсатор К10-17б-М1500-0,01 мкФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C131, C132	Конденсатор К10-17в-М1500-4700 пФ ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C134, C135	Конденсатор К10-17б-М47-12 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C136, C137	Конденсатор К10-47а-500 В-27 пФ ±5 % МПО-В ОЖ0.460.183 ТУ	2	
C138, C139	Конденсатор К73-17-630 В-0,01 мкФ ±10 % ОЖ0.460.104 ТУ	2	
C142,C143*	Конденсатор К10-17б-М47-33 пФ ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	2	
D76	Микросхема OP177FP ф."ANALOG DEVICES"	1	
D77	Микросхема AD825AR ф."ANALOG DEVICES"	1	
L1,L2	Дроссель высокочастотный ДМ-01-80 мкГн ±5 % ГИ0.477.005 ТУ	2	
R129	Резистор С2-23-0,125-750 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R130	Резистор С2-23-0,125-15 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R131	Резистор С2-23-0,125-4,7 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R132	Резистор С2-23-0,125-12,1 кОм ±1 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R133	Резистор С2-23-0,125-130 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R134	Резистор С2-23-0,125-12,1 кОм ±1 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R135	Резистор С2-23-0,125-47 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R136…R138	Резистор С2-23-0,125-510 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	3	
R139, R140	Резистор С2-23-0,125-5,6 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R141	Резистор С2-23-0,125-510 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R142, R143	Резистор С2-23-0,125-390 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R144, R145	Резистор С2-23-0,125-150 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R146, R147	Резистор С2-29В-0,062-10 Ом ±1 % -1,0-Б ОЖ0.467.099 ТУ	2	
R148…R151	Резистор С2-23-0,125-8,2 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	4	
V20	Транзистор КП303Е Ц20.336.601 ТУ	1	
V21	Транзистор КТ3107Е аА0.336.170 ТУ	1	
V22	Транзистор КТ3157А аА0.336.727 ТУ	1	
V23	Транзистор КТ638Б	1	
V24	Транзистор КТ969А аА0.336.443 ТУ	1	
V25	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	1	
V26	Транзистор КТ3157А аА0.336.727 ТУ	1	
V27,V28	Диод 2Д522Б дР3.362.029-01 ТУ	2	
V29	Транзистор КТ638Б	1	
V30	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	1	
V31,V32	Транзистор КТ969А аА0.336.443 ТУ	2	
V33	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	1	
V34	Транзистор КТ969А аА0.336.443 ТУ	1	
V35	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	1	

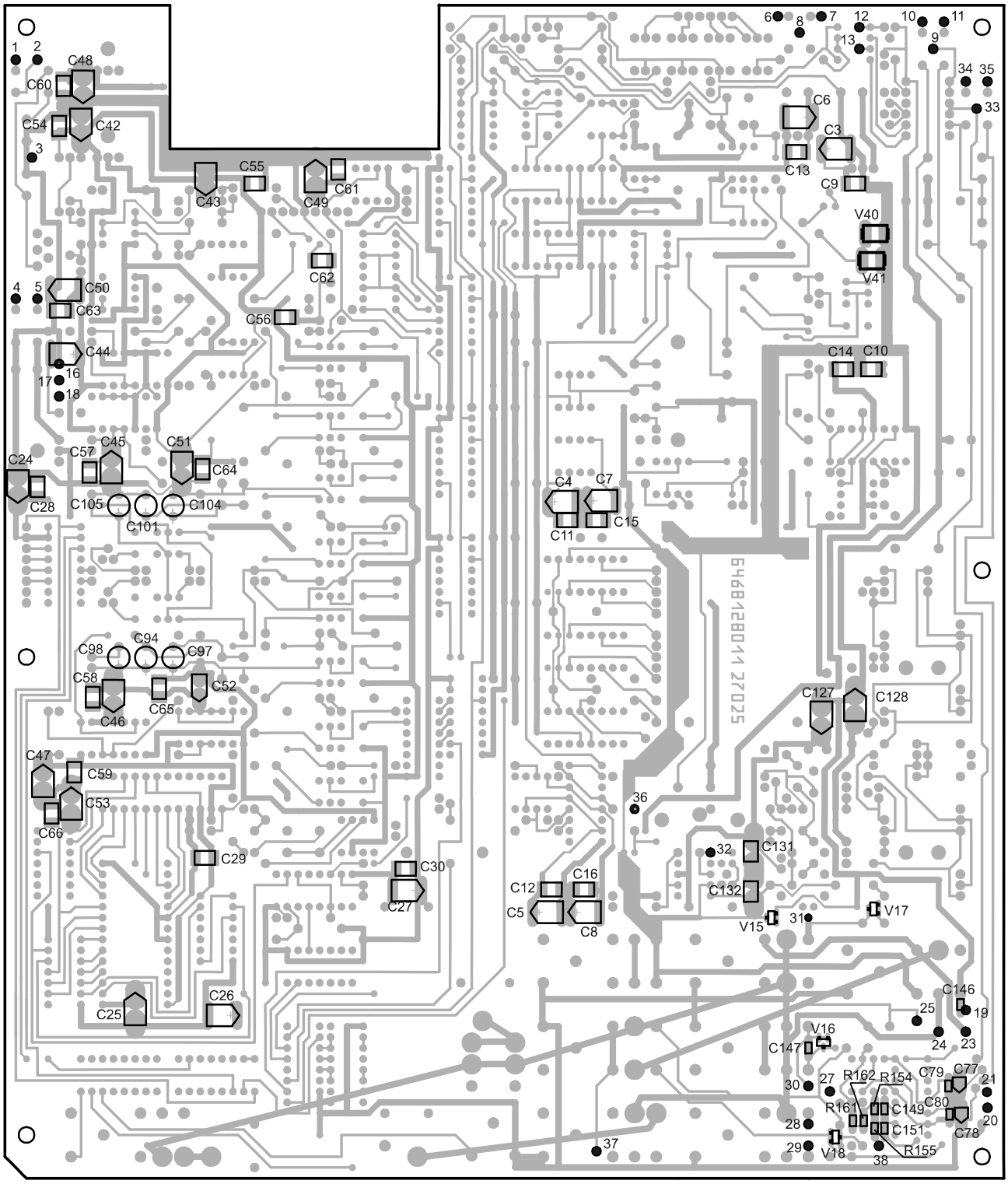
Продолжение таблицы Б.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме чание
U7	*Усилитель "2 V"*	1	
C148	Керам. ЧИП конд. 1 мкФ X7R ±10 % 1210	1	
C149	Керам. ЧИП конд. 180 пФ NPO ±5 % 1206	1	
C150	Керам. ЧИП конд. 4,7 мкФ X5R ±10 % 1210	1	
C151	Керам. ЧИП конд. 82 пФ NPO ±5 % 1206	1	
D78	Микросхема ADG436BN ф."ANALOG DEVICES"	1	
D79	Микросхема OP177 FP ф."ANALOG DEVICES"	1	
D80	Микросхема AD825AR ф."ANALOG DEVICES"	1	
R152, R153	Резистор С2-29В-0,062-20 кОм ±0,25 %-1,0-А ОЖ0.467.099 ТУ	2	
R154	Резистор Р1-12-0,25-10 МОм ±5 % Т ШКАБ.434110.002 ТУ	1	
R155	Резистор Р1-12-0,25-10 кОм ±5 % Т ШКАБ.434110.002 ТУ	1	
R161, R162	Резистор Р1-12-0,25-10 МОм ±5 % Т ШКАБ.434110.002 ТУ	2	
	* - Подбирают при регулировании		

Рисунок Б.1 Схема электрическая принципиальная платы базовой



а) сторона элементов



б) сторона проводников

Рисунок Б.2 План размещения элементов на плате базовой

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Термостат.
Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов

Таблица В.1 Перечень элементов узла термостата

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Примечание
E1	Нагреватель 400 Ом	1	
X1	Розетка BLS-2	1	
A1	*Плата термостата*	1	
C1,C2	Конденсатор К10-17в-Н90-0,068 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
D1	Микросхема OP177FZ	1	
D2	Микросхема AD820BQ	1	
R1	Резистор С2-29В-0,125-866 Ом ±0,1 % -1,0-Д ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R2	Резистор С2-29В-0,125-2 кОм ±1 % -1,0 Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R3	Резистор С2-29В-0,125-866 Ом ±0,1% -1,0-Д ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R4	Резистор С2-29В-0,125-2 кОм ±1 % -1,0 Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	
V1	Стабилитрон 2С108С аА0.339.436 ТУ	1	
V2	Диод 2Д922Б аА0.339.254 ТУ	1	
V3	Стабилитрон 2С108С аА0.339.436 ТУ	1	
V4	Диод 2Д922Б аА0.339.254 ТУ	1	
V5…V9	Диод 2Д510А ТТ3.362.096 ТУ	5	
V10	Диод 2Д922Б аА0.339.254 ТУ	1	
X1	Гибкий кабель A9BAG-0908F-ND	1	

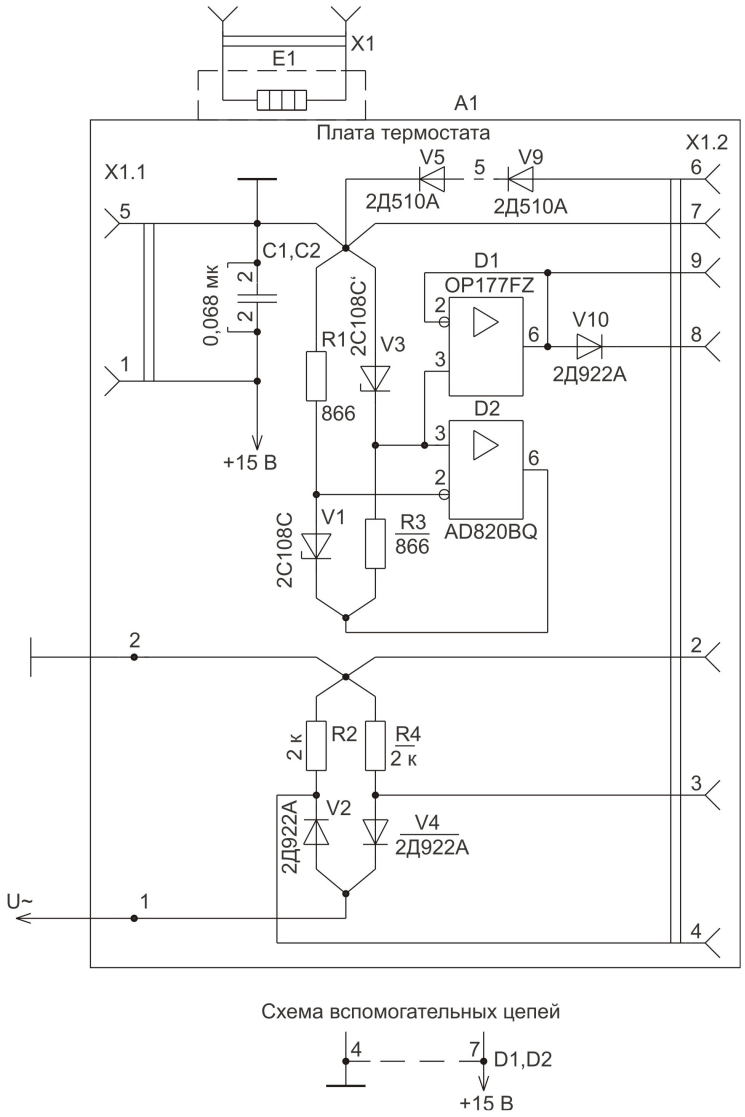
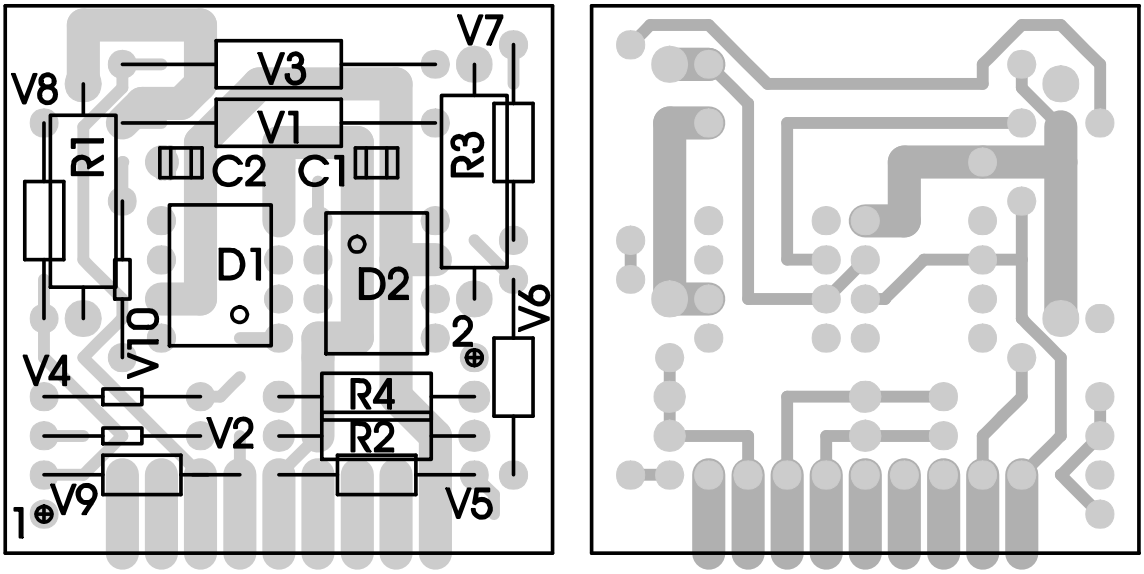


Рисунок В.1 Схема электрическая принципиальная узла термостата



а)- сторона элементов б)- сторона проводников

Рисунок В.2 План размещения элементов на плате термостата

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Источник калиброванных токов (ИКТ)

Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов

Таблица Г.1- Перечень элементов ИКТ

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Примечание
C1	Конденсатор К10-17б-М1500-680 пФ ± 10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
R1,R2	Резистор SQP-0,1 Ом±5 %	2	
R3,R4	Резистор 1 Ом КМСИ.434156.020-03	2	
R5	Резистор С2-23-0,125-300 Ом±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
V1	Транзистор 2Т827А аА0.339.119 ТУ	1	
V2	Транзистор 2Т825А аА0.339.054 ТУ	1	
X1	Соединитель КМСИ.685611.046	1	
A1	*Плата ИКТ*	1	
C1,C2	Конденсатор SR 16 В-10000 мкФ	2	
C3…C6	Конденсатор К10-17б-Н90-0,33 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	4	
C7	Конденсатор К10-17б-Н90-1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C8…C10	Конденсатор SR 10 В-100 мкФ	3	
C11,C12	Конденсатор К10-17б-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C13	Конденсатор К10-17б-М1500-100 пФ ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C14	Конденсатор К10-17б-Н90-0,33 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C15	Конденсатор К10-17б-М1500-0,068 мкФ ±10% ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C16	Конденсатор К10-17б-М1500-0,022 мкФ ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C17	Конденсатор К10-17б-М1500-270 пФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
D1,D2	Микросхема К155ИД10 бК0.348.006-54 ТУ	2	
D3	Микросхема К155АГ1 бК0.348.006-26 ТУ	1	
D4	Микросхема КР1157ЕН5А АДБК.431420.028 ТУ	1	
D5	Микросхема КР1168ЕН5А АДБК.431420.198 ТУ	1	
D6,D7	Микросхема К155ЛА11 бК0.348.006-37 ТУ	2	
D8	Микросхема OP177EZ ф."ANALOG DEVICES"	1	
K1…K8	Реле DS2E-SL2-DC 5 V	8	
R1	Резистор С2-23-0,125-36 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R2	Резистор МР3023 10 кОм	1	
R3	Резистор МР3023 1 кОм	1	
R4	Резистор КМСИ.434156.035 100 Ом	1	
R5	Резистор С2-23-0,125-3 кОм ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R6	Резистор С2-23-0,125-56 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R7	Резистор КМСИ.434156.021 10 Ом	1	
R8,R9	Резистор С2-23-0,125-620 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R10	Резистор С2-23-0,125-82 Ом ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R11	Резистор С2-23-0,125-10 кОм ±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R12	Резистор СП3-19а-0,5-33 кОм ±10 % ОЖ0.468.134 ТУ	1	
R13*	Резистор С2-23-0,125-20 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R14,R15	Резистор С2-23-0,125-24 Ом ±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R16*	Резистор С2-23-0,125-9,1 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
V1	Выпрямительный мост KBL005	1	
V2	Транзистор КТ639В аА0.336.267 ТУ	1	
V3	Транзистор КТ961В аА0.336.358 ТУ	1	
	* - Подбирают при регулировании		

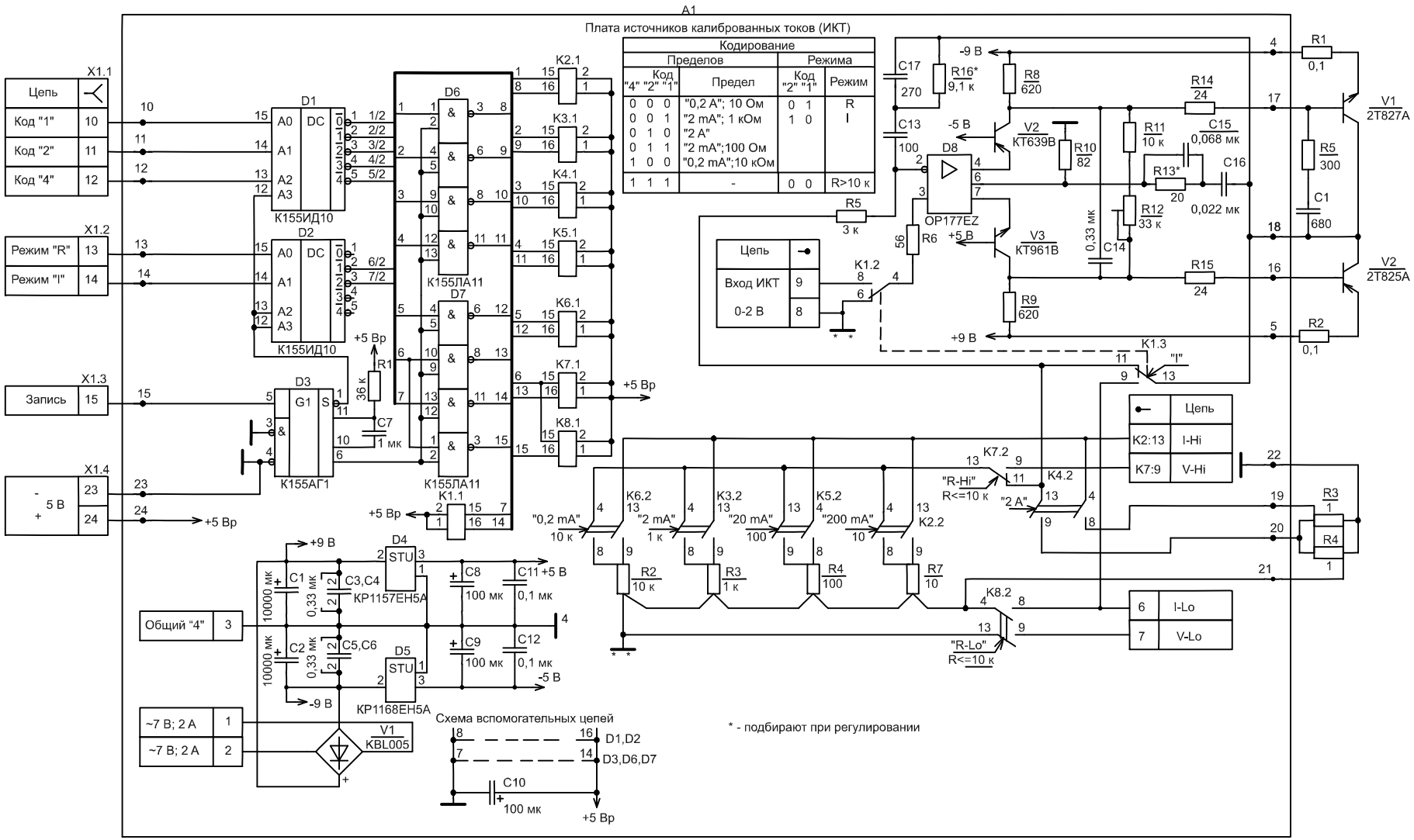
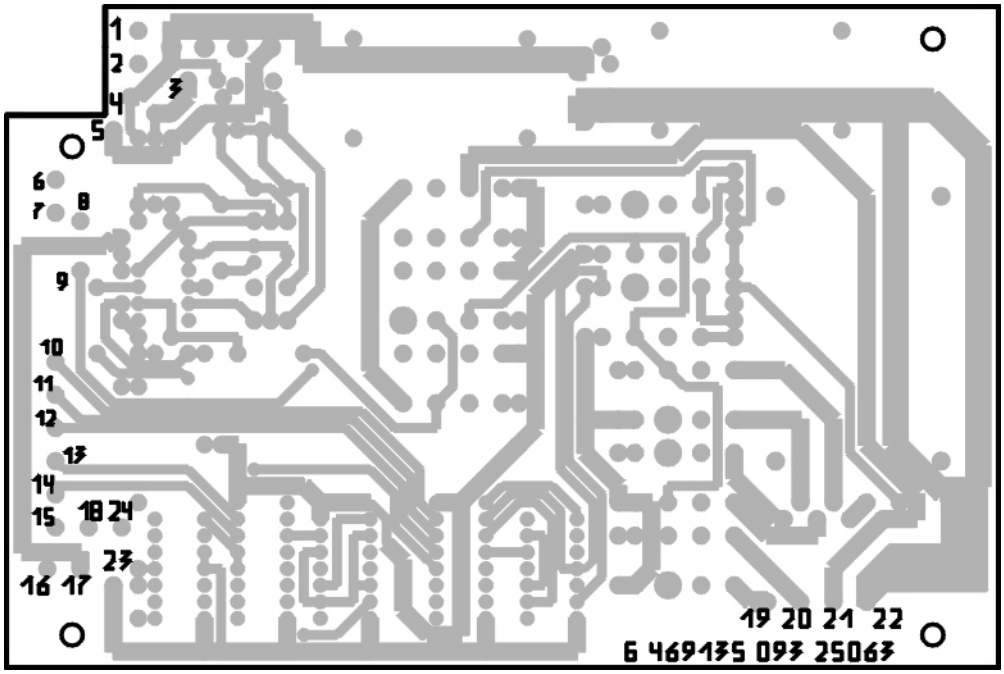
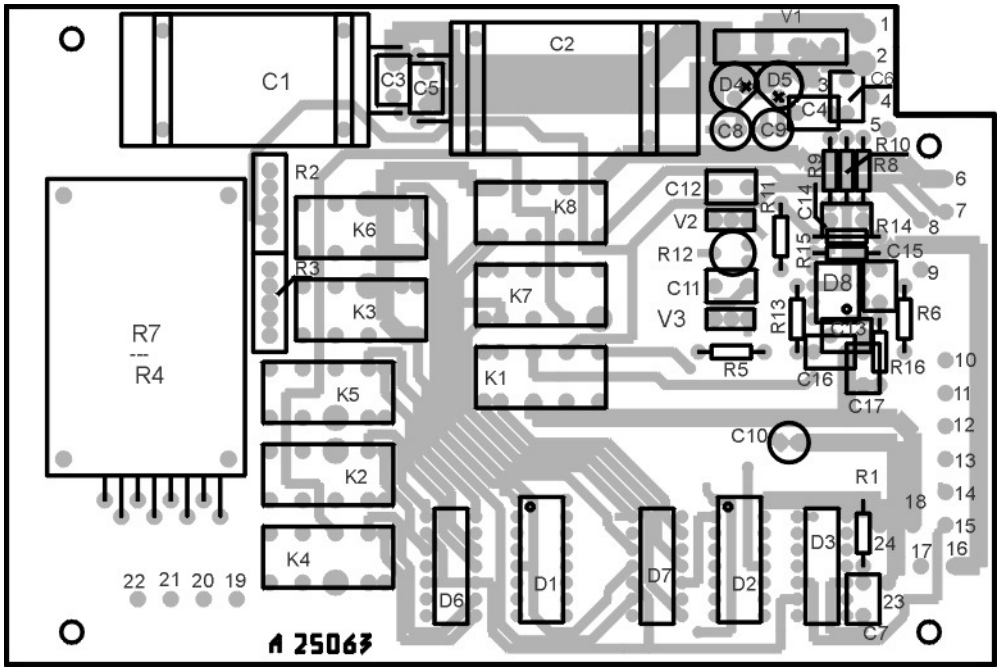


Рисунок Г.1 Схема электрическая принципиальная ИКТ



а)- вид со стороны проводников



б) – вид со стороны элементов

Рисунок Г.2 План размещения элементов на плате ИКТ

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)
Усилитель напряжения 200В.
Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов

Таблица Д.1- Перечень элементов усилителя 200 В

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
A1	Плата КМСИ.434257.004	1	
C4,C5	Конденсатор К10-17б-М1500-0,01 мкФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C7	Конденсатор К10-17б-М1500-1000 пФ±10 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C8,C9	Конденсатор К10-17б-Н90-0,22 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C10	Конденсатор К10-17б-Н50-0,033 мкФ±20 % ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C11,C12	Конденсатор К10-17б-Н90-0,22 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C13,C14	Конденсатор К10-62-М1500-6,8 пФ±10 % ОЖ0.460.217 ТУ	2	
C15	Конденсатор К10-62-М1500-56 пФ±10 % ОЖ0.460.217 ТУ	1	
C16,C17	Конденсатор К73-17-250 В-0,1 мкФ±10 % ОЖ0.461.104 ТУ	2	
C18, C19	Конденсатор К10-17б-Н90-0,22 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C20,C21	Конденсатор К10-62-М1500-15 пФ±10 % ОЖ0.460.217 ТУ	2	
C22,C23	Конденсатор К10-17б-Н90-0,22 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	2	
C24	Конденсатор К50-68-450 В-47 мкФ+50-10 % АЖЯР.673.541.005 ТУ	1	
C25	Конденсатор К50-68-25 В-470 мкФ+50-10 % АЖЯР.673.541.005 ТУ	1	
C26	Конденсатор К50-68-450 В-47 мкФ+50-10 % АЖЯР.673.541.005 ТУ	1	
D1	Микросхема КР544УД1А бК0.348.257 ТУ	1	
D2	Микросхема OP177FP	1	
D3,D4	Микросхема КР249КН4Л АДБК.431160.344 ТУ	2	
K1,K2	Реле РВ-5А Тг5.670.005 ТУ	2	
M1	Вентилятор JF-0510	1	
R1	Резистор С2-23-0,125-750 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R2	Резистор С2-23-0,125-15 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R3	Резистор С2-23-0,125-10 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R4	Резистор С2-23-0,125-12,1 кОм±1 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R5	Резистор С2-23-0,125-130 кОм±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R6	Резистор С2-23-0,125-12,1 кОм±1 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R7	Резистор С2-23-0,125-505 Ом±1 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R8	Резистор С2-23-0,125-1 кОм±1 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R9	Резистор С2-23-0,125-505 Ом±1 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R10	Резистор С2-23-0,125-9,1 кОм±1 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R11,R12	Резистор С2-23-1-68 кОм±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R13,R14	Резистор С2-23-0,125-100 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R15,R16	Резистор С2-23-0,125-442 Ом±1 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R17,R18	Резистор С2-23-0,125-100 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R19	Резистор СП3-19а-0,5-220 Ом±10 % ОЖ0.468.134 ТУ	1	
R20,R21	Резистор С2-23-0,125-390 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R22	Резистор С2-23-0,25-100 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R23,R24	Резистор С2-23-0,125-2 кОм±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R25	Резистор С2-23-0,25-100 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R26,R27	Резистор С2-23-1-100 кОм±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R28,R29	Резистор С2-23-0,25-20 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R30	Резистор С2-29В-0,125-26,1 кОм±1 %-1,0 Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R31,R32	Резистор С2-23-1-100 кОм±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R33	Резистор С2-29В-0,125-26,1 кОм±1 %-1,0 Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	

Продолжение таблицы Д.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Приме-чание
R34,R35	Резистор С2-23-0,125-100 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R36	Резистор С2-29В-0,25-221 кОм±1 %-1,0 Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R37,R38	Резистор СП3-19а-0,5-3,3 кОм±10 % ОЖ0.468.134 ТУ	2	
R39	Резистор С2-29В-0,25-221 кОм±1 %-1,0 Б ОЖ0.467.099 ТУ	1	
R40,R41	Резистор С2-23-0,25-12 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R42,R43	Резистор С2-23-0,125-510 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R44,R45	Резистор С2-23-0,125-1 кОм±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R46	Резистор С2-23-1-39 кОм±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R47,R48	Резистор С2-23-0,5-180 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R49	Резистор С2-23-1-39 кОм±5 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R50	Резистор С2-33Н-1-12 Ом±5 % А-Д ОЖ0.467.093 ТУ	1	
V1,V2	Диод КД522А дР3.362.029 ТУ	2	
V3	Транзистор КП364В АДБК.432150.189 ТУ	1	
V4,V5	Диод КД522А дР3.362.029 ТУ	2	
V6	Транзистор КТ3107Д аА0.336.170 ТУ	1	
V7,V8	Диод КД522А дР3.362.029 ТУ	2	
V9	Транзистор КТ3107Д аА0.336.170 ТУ	1	
V10	Транзистор КТ3102ДМ аА0.336.122 ТУ	1	
V11,V12	Стабилитрон 2С215Ж СМ3.362.825 ТУ	2	
V13	Транзистор КТ940А аА0.336.246 ТУ	1	
V14	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	1	
V15	Транзистор КТ940А аА0.336.246 ТУ	1	
V16,V17	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	2	
V18	Транзистор 2SA1486	1	
V19,V20	Диод КД510А ТТ3.362.100 ТУ	2	
V21	Транзистор 2SC3840	1	
V22	Транзистор КТ940А аА0.336.246 ТУ	1	
V23	Транзистор 2SA1486	1	
V24	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	1	
V25	Транзистор КТ940А аА0.336.246 ТУ	1	
V26	Транзистор 2SC3840	1	
V27	Транзистор КТ3102ДМ аА0.336.122 ТУ	1	
V28	Транзистор КТ3107Д аА0.336.170 ТУ	1	
V29	Транзистор 2SC3840	1	
V30	Транзистор 2SA1486	1	
V31	Транзистор КТ940А аА0.336.246 ТУ	1	
V32	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	1	
V33	Транзистор 2SC3840	1	
V34	Транзистор 2SA1486	1	
V35	Транзистор КТ940А аА0.336.246 ТУ	1	
V36	Транзистор 2SC3840	1	
V37,V38	Стабилитрон 2С224Ж СМ3.362.825 ТУ	2	
V39	Транзистор 2SA1486	1	
V40	Транзистор КТ9115А аА0.336.768 ТУ	1	
V41	Выпрямительный мост W10M	1	
V42	Выпрямительный мост W02M	1	
	Плата	1	
A1	Набор резисторов НРМП-8 ТУ РБ 28621399.003	1	
C1	Конденсатор К10-62-М47-2 пФ ±0,5 пФ ОЖ0.460.217 ТУ	1	

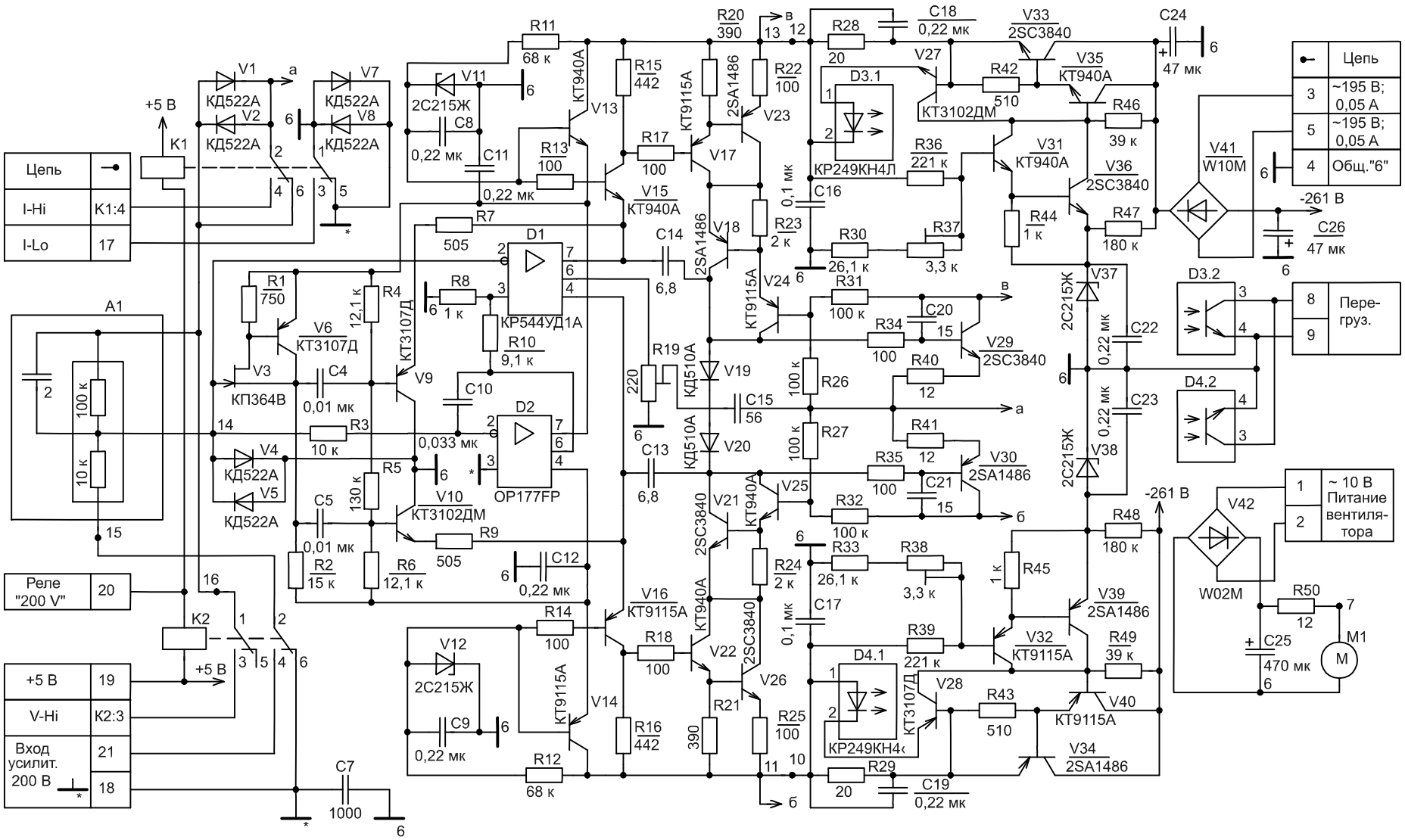
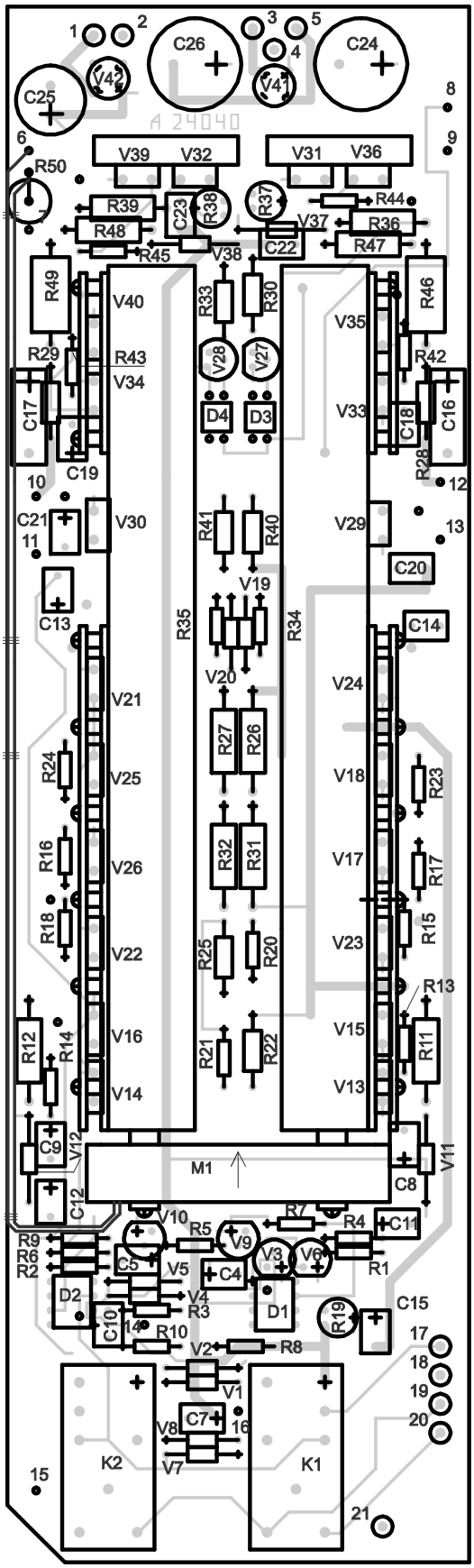


Рисунок Д.1 Схема электрическая принципиальная усилителя 200 В



а) - сторона элементов

б)- сторона проводников

Рисунок Д.2 План размещения элементов платы усилителя напряжения 200 В

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)

Процессор.
Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов

Таблица Е.1- Перечень элементов платы процессора

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Примечание
B1	Резонатор РК169МВ-8АП-16000К-В ОД0.338.017 ТУ	1	
C1..C7	Конденсатор К10-17в-Н90-0,1 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	7	
C8,C9	Конденсатор К50-38-25 В-22 мкФ ОЖ0.464.229 ТУ	2	
C10	Конденсатор К50-38-16 В-2200 мкФ ОЖ0.464.229 ТУ	1	
C11	Конденсатор К50-38-16 В-47 мкФ ОЖ0.464.229 ТУ	1	
D1	Микросхема ADM707AR ф."ANALOG DEVICES"	1	Супервизор
D2	Микросхема 24LC65-I/P	1	Энергонезависимая память
D3	Микросхема AT89C55-24JI ф."ATMEL"	1	Однокристальная ЭВМ
D4	Микросхема КР249КН2А АДБК.431160.344 ТУ	1	
D5	Микросхема КР590КН4 бК0.348.209-05 ТУ	1	
D6	Микросхема КР1533ИР33 бК0.348.806-10 ТУ	1	
D7	Микросхема КР1533ЛА3 бК0.348.806-01 ТУ	1	
D8	Микросхема КР537РУ10 бК0.348.532-10 ТУ	1	
D9	Микросхема NAT7210APD	1	
D10	Микросхема SN75160B	1	
D11	Микросхема SN75162B	1	
D12	Микросхема КР142ЕН5А бК0.348.634-02 ТУ	1	
R1	Резистор С2-23-0,125-10 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R2..R4	Резистор С2-23-0,125-820 Ом±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	3	
R5,R6	Резистор С2-23-0,125-10 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	2	
R8	Резистор С2-23-0,125-5,1 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R9	Резистор С2-23-0,125-360 Ом±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R10	Резистор С2-23-0,125-2 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R11	Резистор С2-23-0,125-680 Ом±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R12	Резистор С2-23-0,125-100 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R13	Резистор С2-23-0,125-5,1 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R14	Резистор С2-23-0,125-33 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R15	Резистор С2-23-0,125-220 Ом±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R16	Резистор С2-23-0,125-10 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R17	Резистор С2-23-0,125-100 Ом±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
R18	Резистор С2-23-0,125-10 кОм±10 % А-Д ОЖ0.467.081 ТУ	1	
V1	Транзистор КТ3107Е аА0.336.170 ТУ	1	
V2	Диод 2Д522Б дР3.362.029-01 ТУ	1	
V3	Транзистор КТ3102ДМ аА0.336.122 ТУ	1	
V4..V6	Диод 2Д522Б дР3.362.029-01 ТУ	3	
V7..V10	Диод 2Д212А Ц23.362.006 ТУ	4	
X1	Вилка PLS-4	1	4 конт
X2	Соединитель 685611.049	1	6 конт.
X3	Вилка PLS-5	1	5 конт.
X4	Розетка DRB-9F	1	
X5	Вилка PLS-2	1	2 конт.
X6	Розетка CENR-24F	1	

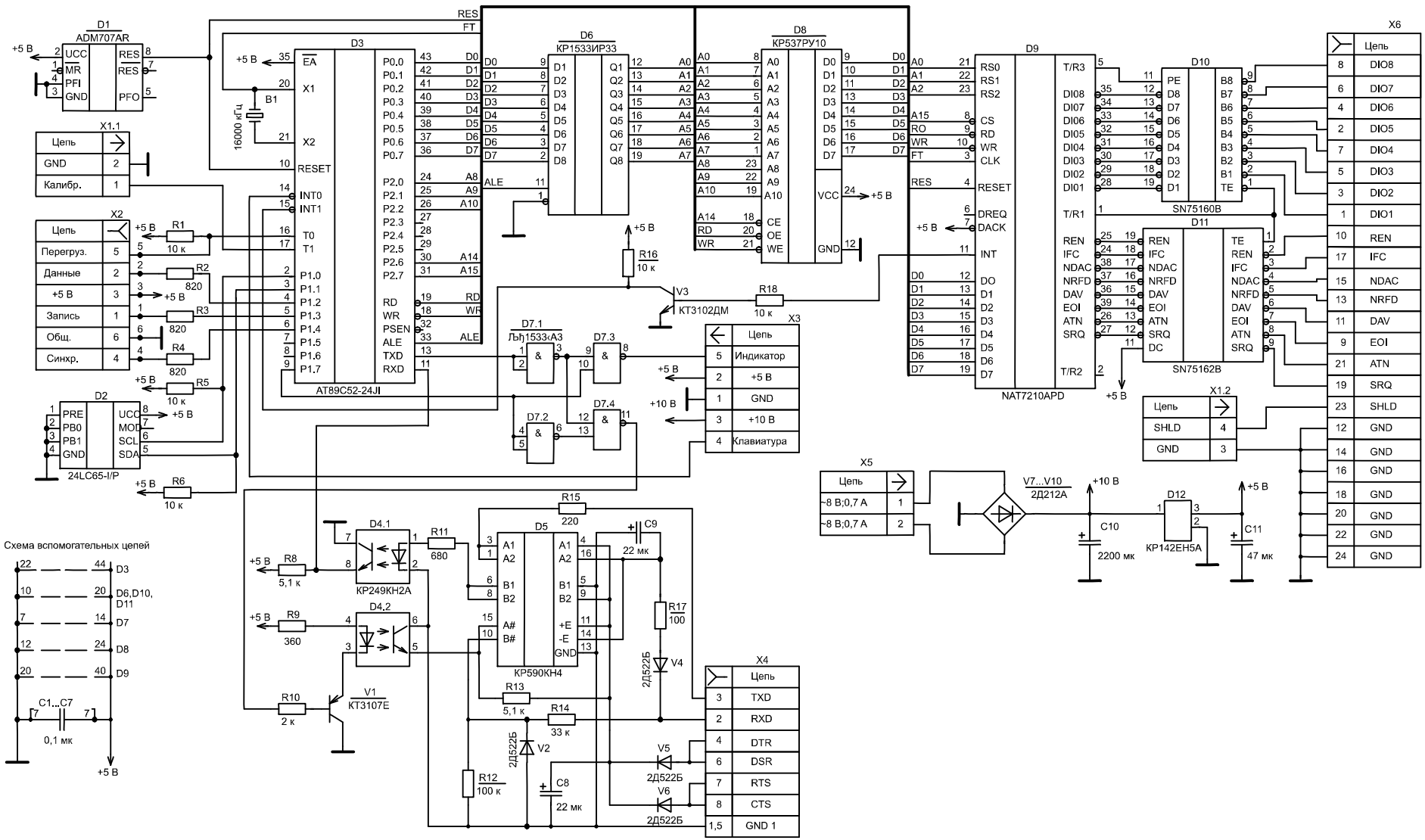
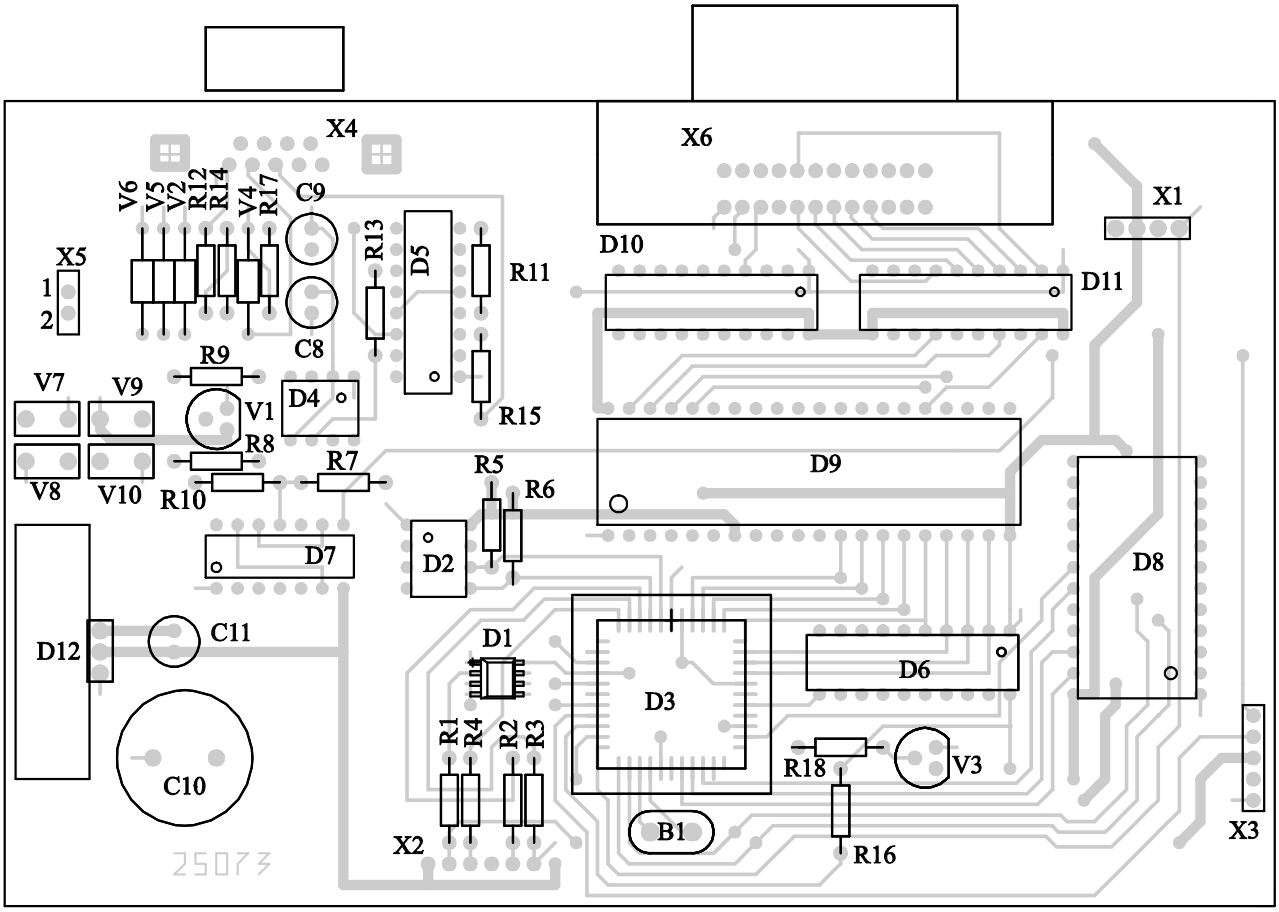
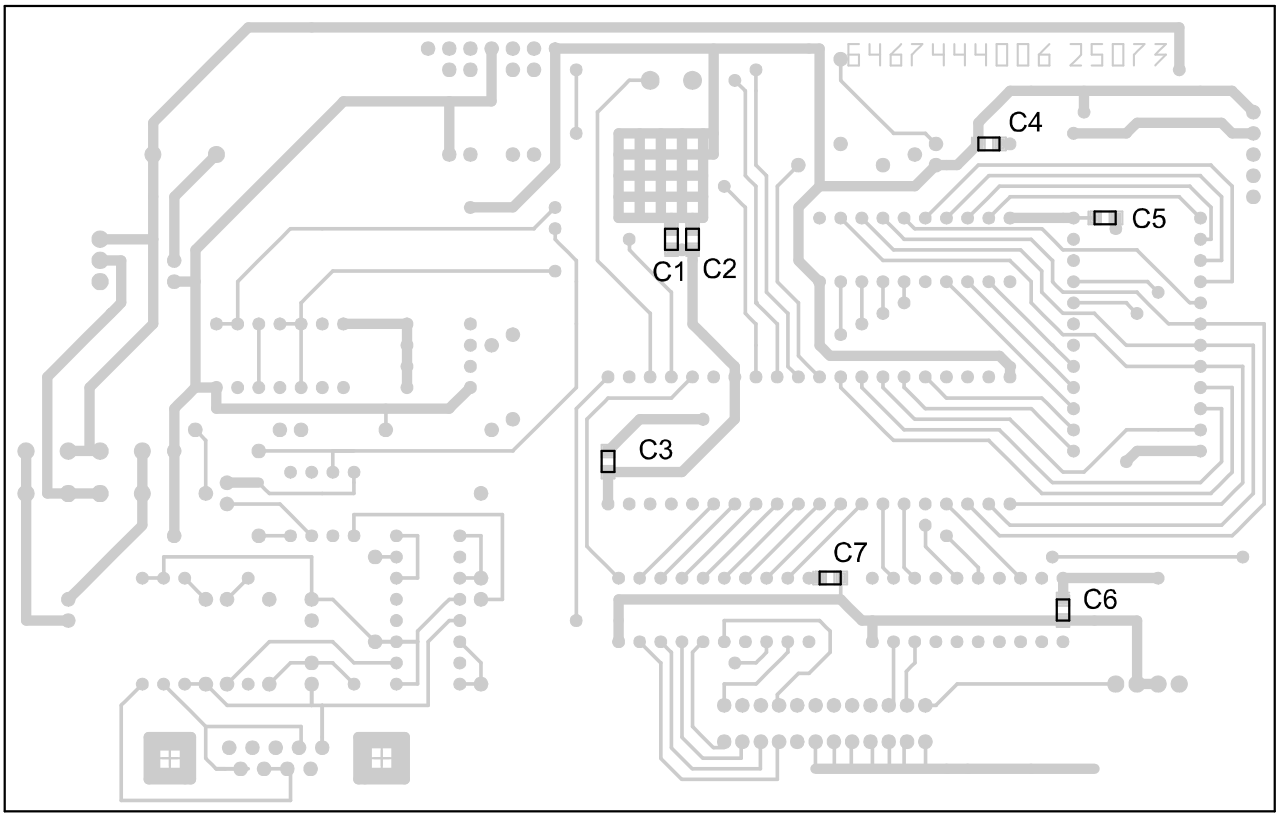


Рисунок Е.1 Схема электрическая принципиальная процессора



а)- вид со стороны элементов



б)- вид со стороны проводников

Рисунок Е.2- План размещения элементов на плате процессора

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)

Плата управления.
Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов

Таблица Ж.1- Перечень элементов платы управления

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	Примеча-ние
A1	Переключатель кодовый ECWIJ-B24-AC0024"BOURNS"	1	
B1	Резонатор РК169МВ-8АП-16000К-В ОД0.338.017 ТУ	1	
C1	Конденсатор К10-17в-Н90-0,047 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	1	
C2	Конденсатор FT-SMD 20 В-47 мкФ±40 % 7343 B45196-E4226±40 % ф."SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS"	1	
C3...C6	Конденсатор К10-17в-Н90-0,047 мкФ ОЖ0.460.107 ТУ	4	
D1	Микросхема ADM707AR ф."ANALOG DEVICES"	1	Супервизор
D2	Микросхема AT89C52-24JI ф."ATMEL"	1	ОЭВМ
H1..H8	Индикатор мнемонический КИПМО1А-1К аА0.336.562 ТУ	8	
R1...R3	Резистор Р1-12-0,25-10 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	3	
R4	Резистор Р1-12-0,25-2 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R5	Резистор Р1-12-0,25-360 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R6	Резистор Р1-12-0,25-2 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R7	Резистор Р1-12-0,25-360 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R8	Резистор Р1-12-0,25-47 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R9	Резистор Р1-12-0,25-2 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R10	Резистор Р1-12-0,25-10 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R11	Резистор Р1-12-0,25-360 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R12, R13	Резистор Р1-12-0,25-10 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	2	
R14	Резистор Р1-12-0,25-2 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R15	Резистор Р1-12-0,25-10 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R16	Резистор Р1-12-0,25-360 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R17	Резистор Р1-12-0,25-10 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R18	Резистор Р1-12-0,25-2 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R19	Резистор Р1-12-0,25-10 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R20	Резистор Р1-12-0,25-360 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R21	Резистор Р1-12-0,25-3,3 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R22	Резистор Р1-12-0,25-10 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R23	Резистор Р1-12-0,25-3 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R24	Резистор Р1-12-0,25-2 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R25	Резистор Р1-12-0,25-360 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R26	Резистор СП3-19а-0,25-1 кОм±20 % ОЖ0.468.134 ТУ	1	

Продолжение таблицы Ж.1

Поз. обозна-чение	Наименование	Кол.	При-мечa-ние
R27, R28	Резистор Р1-12-0,25-3 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	2	
R29	Резистор Р1-12-0,25-2 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R30	Резистор Р1-12-0,25-360 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R31	Резистор Р1-12-0,25-3 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R32	Резистор Р1-12-0,25-2 кОм±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R33	Резистор Р1-12-0,25-360 Ом±5 % Т АЛЯР.434110.005 ТУ	1	
R34	Резистор С2-23-2-75 Ом±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1	
S1...S24	Переключатель кнопочный ПКН-159-3 АУБК.642130.004 ТУ	24	
V1...V8	Транзистор КТ3129В аА0.339.568 ТУ	8	
X1	Вилка PLS-5	1	5 конт.
X2	Вилка PLS-14	1	14 конт.

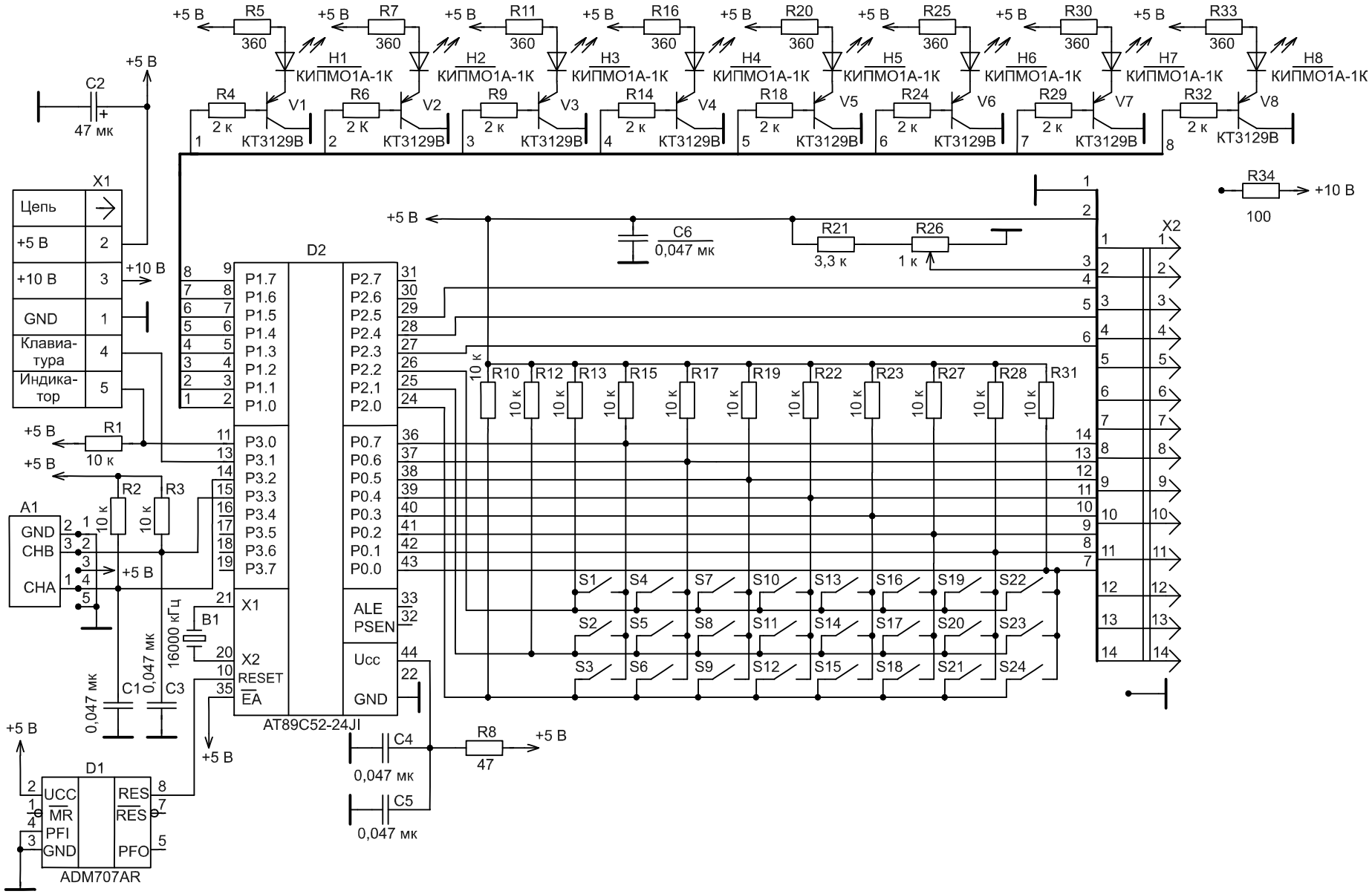
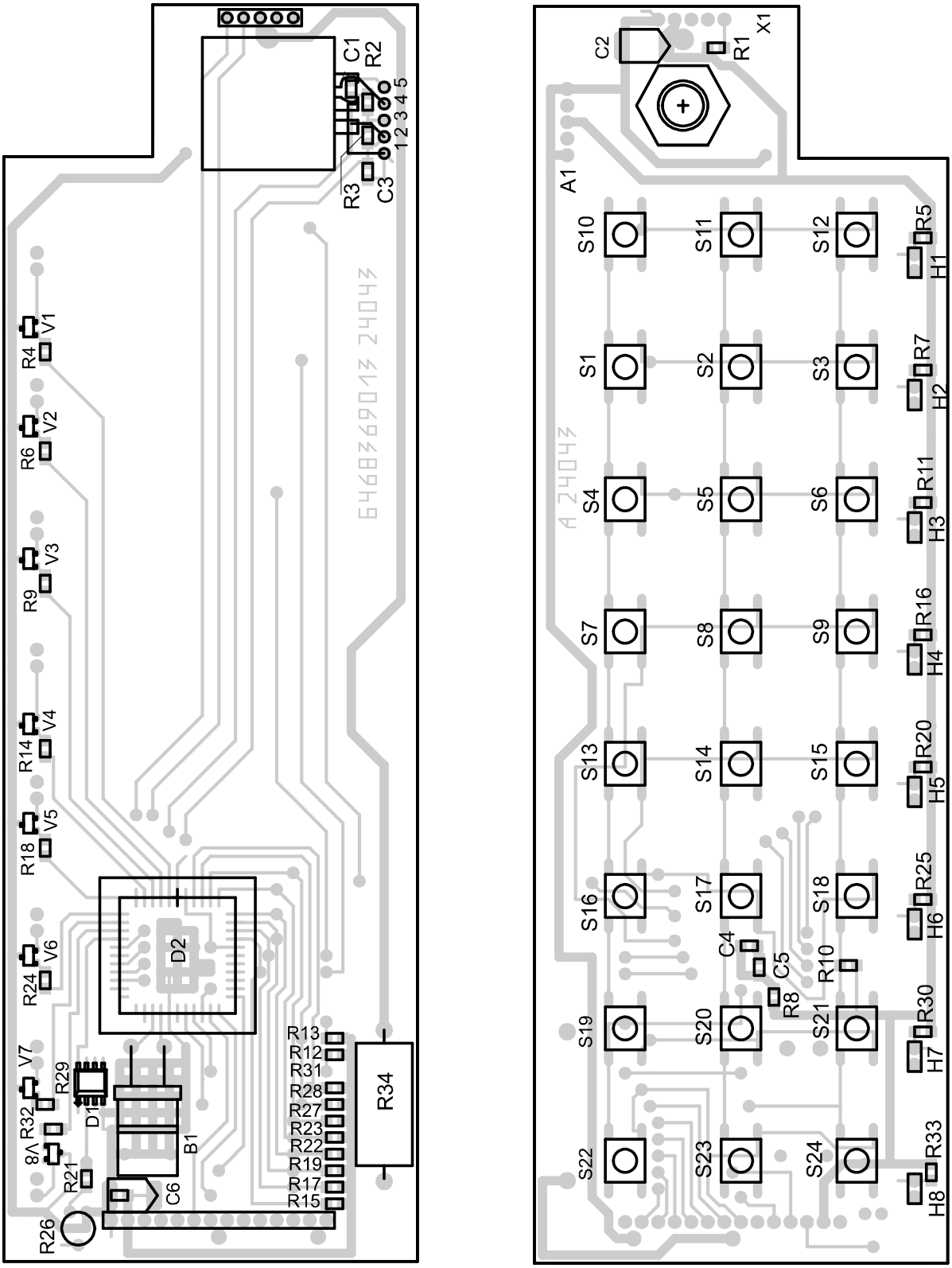


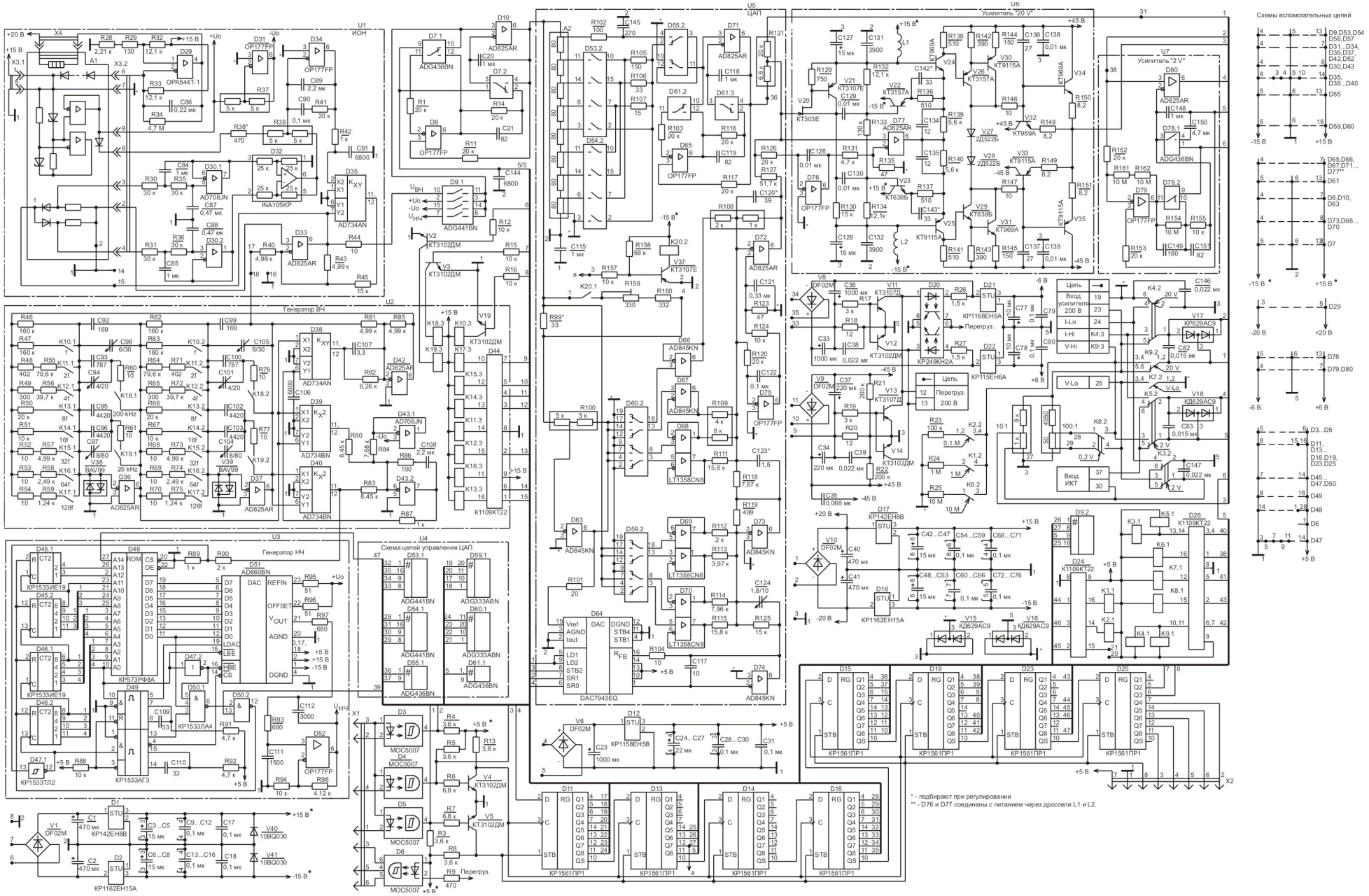
Рисунок Ж.1 Схема электрическая принципиальная платы управления



а)- вид со стороны элементов

б)- вид со стороны передней панели

Рисунок Ж.2 – План размещения элементов на плате управления


U1 ИОН
U2 Генератор ВЧ
U3 Генератор НЧ
U4 Схема цепей управления ЦАП
U5 ЦАП
U6 Усилитель "20 V"
U7 Усилитель "2 V"
Схемы вспомогательных цепей
* - подбирают при регулировании
** - D76 и D77 соединены с питанием через дроссели L1 и L2.