

КАЛИБРАТОР УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

Н4-11

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

Часть 2



№ 15981

СОДЕРЖАНИЕ

Лист

1 КОНСТРУКЦИЯ	3
1.1 Конструкция прибора Н4-11	3
1.2 Конструкция преобразователя ПНТ-50	3
2 ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ПРИБОРА	6
2.1 Общие указания	6
2.2 Описание электрической принципиальной схемы калибратора	6
2.3 Описание электрической принципиальной схемы платы индикации	6
2.4 Описание электрической принципиальной схемы платы базовой	9
2.5 Описание электрической принципиальной схемы платы высоковольтного усилителя	11
2.6 Описание электрической принципиальной схемы преобразователя ПНТ-50	12
3 ОПИСАНИЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ ПРИБОРА	14
3.1 Меры сопротивления и блок нагрузок	14
4 КАЛИБРОВКА И РЕГУЛИРОВКА ПРИБОРА	15
4.1 Общие указания по калибровке (калиброванию) прибора	15
4.2 Считывание калибровочных констант ЭНЗУ	17
4.3 Очистка и восстановление калибровочных констант ЭНЗУ	17
4.4 Регулировка прибора	18
5 УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ	24
5.1 Общие указания	24
5.2 Меры безопасности и защиты прибора	24
5.3 Перечень средств измерения и контроля	25
5.4 Устранение неисправностей	26
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Схема электрическая принципиальная и перечень элементов калибратора универсального Н4-11	32
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов на плате индикации	34
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов на плате базовой	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов на плате высоковольтного усилителя	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Схема электрическая принципиальная, перечень элементов преобразователя ПНТ-50	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Схема электрическая принципиальная, перечень и план размещения элементов на плате преобразователя ПНТ-50	62

1 КОНСТРУКЦИЯ

1.1 Конструкция прибора Н4-11

1.1.1 Прибор, внешний вид и конструкция которого показаны на рисунке 1.1, выполнен в малогабаритном корпусе, состоящем из верхней (поз.19) и нижней (поз.17) крышек, боковых вставок (поз.18), увеличивающих высоту корпуса, передней (поз.11) и задней (поз.6) панелей. На внутренней поверхности нижней крышки закреплено шасси, на котором расположена плата высоковольтного усилителя (поз.1), основной силовой трансформатор (поз.9), силовой трансформатор высоковольтного усилителя (поз.2) и выходной высоковольтный трансформатор (поз.5).

На внутренней поверхности верхней крышки также закреплено шасси, на котором расположена базовая плата калибратора, соединяющаяся с основным силовым трансформатором и высоковольтным усилителем с помощью гибких жгутов и штыревых разъемов.

К передней панели крепится плата индикации (поз.10), на которой расположены индикатор (поз.16), клавиатура (поз.15) и кодовый переключатель (поз.13). Выходные клеммы (поз.12) расположены на передней панели и соединены с базовой платой ножевыми контактами. На передней панели расположен выключатель питания (поз.14).

На задней панели расположены: вентилятор (поз.4), разъем интерфейса (поз.7), сетевой разъем с предохранителем (поз.8).

1.1.2 Корпус прибора скрепляется четырьмя винтами, устанавливаемыми со стороны верхней крышки. Задняя и передняя панели укладываются в пазы крышек. Для создания наклона при работе используется складывающиеся ножки.

1.1.3 Описание органов управления и индикации приведено в разделе 10 КМСИ.411115.001 РЭ (часть 1 настоящего руководства по эксплуатации).

1.2 Конструкция преобразователя ПНТ-50

1.2.1 Преобразователь напряжения в ток ПНТ-50 выполнен в корпусе, аналогичном корпусу прибора Н4-11. На внутренней поверхности нижней крышки закреплено шасси, на котором расположена единственная плата преобразователя (поз.4).

На передней панели (поз.6) расположены выходные клеммы (поз.8) и выходной разъем (поз.9). Изнутри к ней прикреплен токовый шунт (поз.5). Для обеспечения лучшего охлаждения блока в передней панели сделаны вентиляционные отверстия (поз.7). Кнопки управления и единичные светодиодные индикаторы (поз.10) расположены на базовой плате и выходят вперед через отверстия в передней панели.

На задней панели (поз.2) расположены вентилятор (поз.3) и импульсный блок питания (поз.1). Дополнительно блок питания опирается на планку (поз.11), к которой он притянут пластмассовым хомутом.

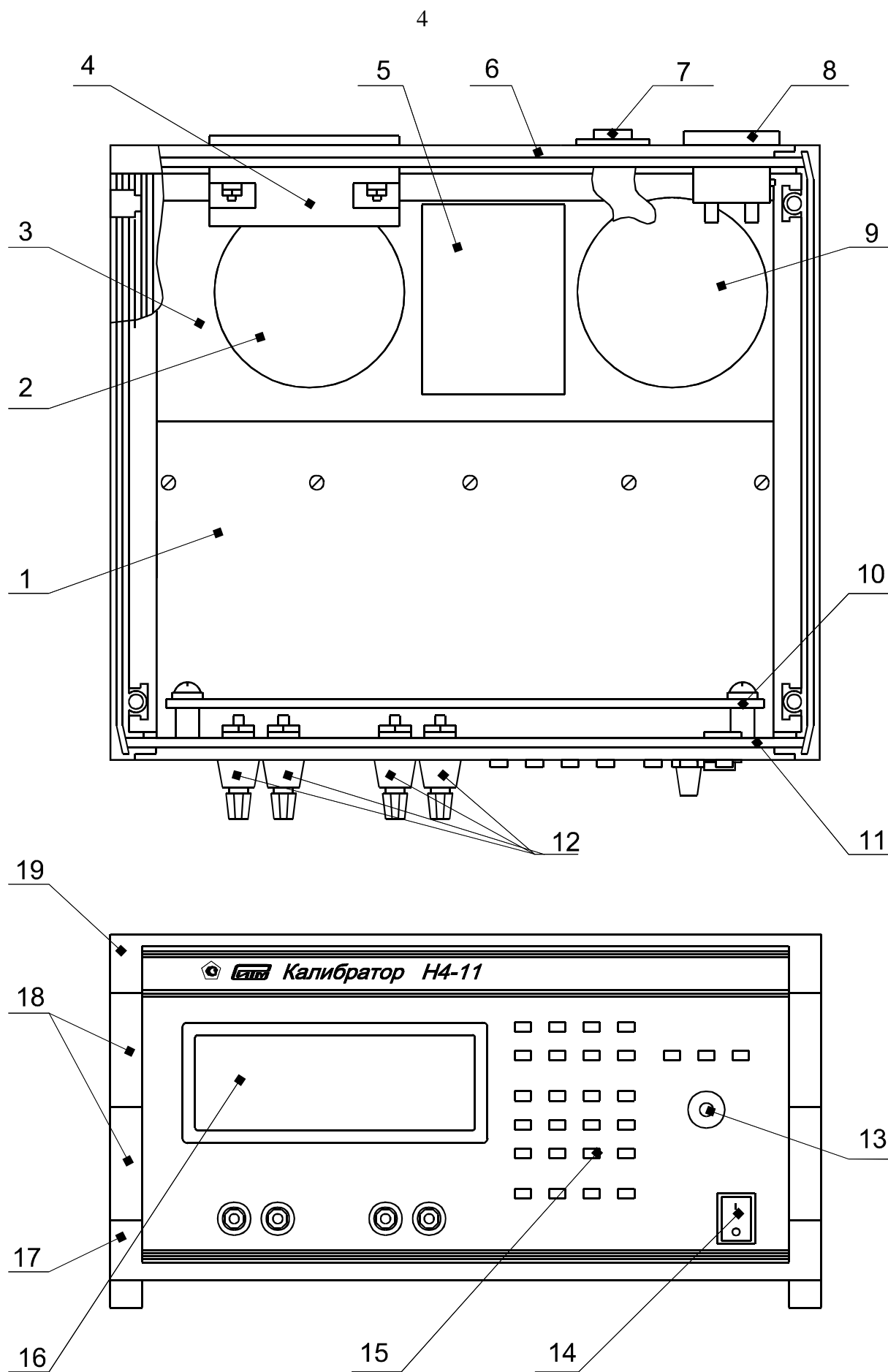


Рисунок 1.1 – Конструкция прибора Н4-11

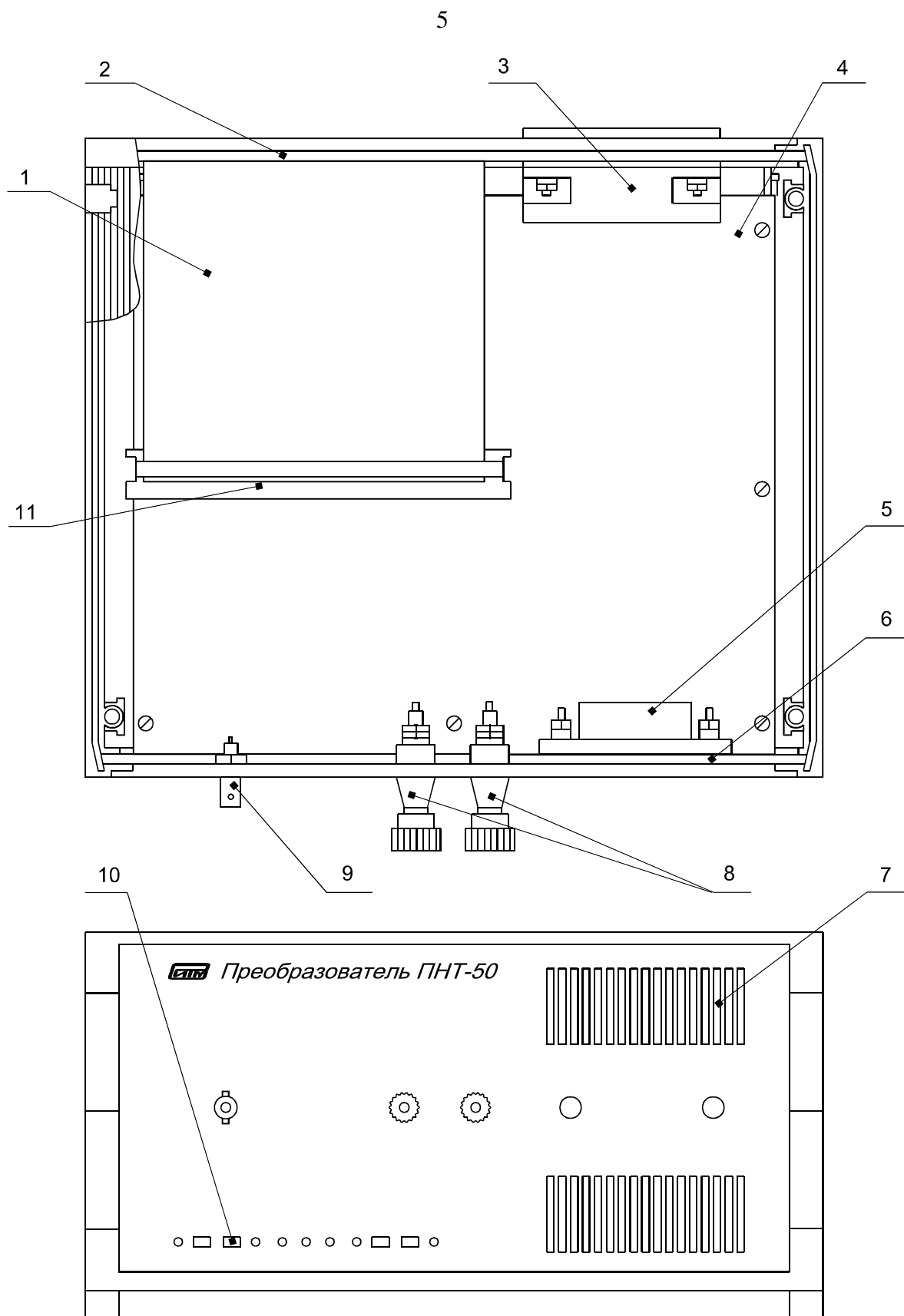


Рисунок 1.2 – Конструкция преобразователя ПНТ-50

2 ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРИНЦИПИАЛЬНЫХ СХЕМ ПРИБОРА

2.1 Общие указания

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

2.2 Описание электрической принципиальной схемы калибратора

2.2.1 Схема электрическая принципиальная калибратора универсального Н4-11 приведена на рисунке А.1 приложения А, перечень элементов – в таблице А.1, размещение функциональных узлов – на рисунке 1.1.

2.2.2 Схема калибратора Н4-11 показывает соединения плат, представляющих законченные функциональные узлы, между собой. На схеме изображены элементы, расположенные на шасси (трансформаторы Т1-Т3), на передней панели (плата индикации А3, клеммы Х16-Х19 и выключатель S1) и на задней панели (вентилятор постоянного тока М1, сетевой разъем Х1 и предохранитель F1).

2.3 Описание электрической принципиальной схемы платы индикации

2.3.1 Схема электрическая принципиальная платы индикации приведена на рисунке Б.1 приложения Б, план размещения элементов – на рисунке Б.2, перечень элементов – в таблице Б.1.

2.3.2 В схему платы индикации входят:

- однокристалльный микроконтроллер (D8), содержащий в памяти программу работы калибратора. Правильную работу микроконтроллера при включении и выключении питания обеспечивает микросхема D9, запускающая программу при достижении напряжением питания уровня 4.65 В и останавливающая ее при падении напряжения ниже 4.5 В;
- клавиатура, организованная в виде матрицы 4 на 8 кнопок (S1...S32). Считывание и вычисление кода нажатой кнопки выполняется программно;
- символьный четырехстрочный индикаторный модуль Н1, включающий схему управления ЖКИ. Управление индикаторным модулем осуществляется записью команд позиционирования курсора и ASCII-кода отображаемых символов. Модуль содержит светодиодную панель подсветки, обеспечивающую видимость изображения при любом освещении. Контрастность изображения регулируется резистором R27;
- интерфейс RS-232C (V3...V6), изолированный от схемы калибратора оптронами D4, D5. Схема интерфейса питается от выпрямителей отрицательного (V5, C11) и положительного (V6, C10) напряжения, получаемого из уровней сигналов «RXD» и «DTR», «RTS», поступающих при подключении прибора к интерфейсу персонального компьютера;
- усилитель низкой частоты (D6) звуковой сигнализации на громкоговорителе В1;
- круговой кодовый переключатель А1 для плавного регулирования выходного напряжения. Кодовый переключатель при вращении с помощью контактов, замыкающихся на общий провод, генерирует импульсы, сдвинутые по фазе (на 90°), которые программно обрабатываются микроконтроллером;
- схема переключения (D3) направления передачи данных (интерфейс или базовая плата).

Питается схема платы индикации от собственного импульсного стабилизатора D1 напряжением +5 В. Получение отрицательного напряжения смещения индикатора обеспечивает преобразователь на коммутируемых конденсаторах D7, на выходе которого формируется напряжение минус 5 В.

2.3.3 Большую часть времени микроконтроллер проводит в режиме ожидания событий, таких как: нажатие кнопки, прием символа из интерфейса, вращение ручки редактирования выхода. После обработки введенных данных, одним из указанных способов, происходит за-

пись новых данных в индикатор. Передача управляющего сообщения в аналоговый блок (микроконтроллерам базовой платы) производится в формате текстовой строки (см. таблицу 2.1). Команды подаются одновременно на оба микроконтроллера, каждый из которых выбирает свои. Фактически только команда установки режима манипуляции («M0» - «M5») предназначена для микроконтроллера модулятора, а все остальные обрабатываются коммутационным микроконтроллером. Параметры сигнала такие же, как и интерфейса RS-232C, за исключением уровней сигналов (0 - 5 В). При необходимости отправления сообщения в интерфейс изменением уровня на линии «PB1» происходит переключение направления передачи. Направление приема переключается изменением уровня на линии «PD4». Скорость передачи стандартная и составляет 9.6 кбод.

2.3.4 В функцию микроконтроллера также входит реализация всех алгоритмов цифровой калибровки как при установке выходного параметра, так и при калибровке прибора. Значение кода загрузки ЦАП выходного уровня, передаваемое в аналоговый блок, вычисляется с учетом всех поправок, действующих при текущих амплитуде и частоте. Заданное значение устанавливаемой частоты передается в аналоговый блок после округления и исключения нереализуемых значений или запрещенных комбинаций. Главный микроконтроллер определяет и устанавливает пределы и режимы воспроизведения, состояние выхода, подавая соответствующие команды в аналоговый блок.

2.3.5 Электрически перепрограммируемая память, хранящая значения калибровочных констант, расположена на кристалле микроконтроллера. Калибровочные данные организованы в виде двух дублирующих блоков констант.

2.3.6 Периодически (с частотой 2 Гц) происходит запрос состояния аналогового блока (командой «P»). Команды запроса следуют с периодичностью 20 мс до получения любого ответа. Длительность пакета команд запроса состояния может достигать 0.5 с. Если сигнал состояния не появляется более 1 с, считается, что аналоговый блок неисправен и на индикатор выводится сообщение «Waiting AB» («Ожидаю аналоговый блок»). При отсутствии перегрузки микроконтроллер (коммутационный) аналогового блока возвращает команду «Q». Если обнаружена перегрузка одного из выходных каскадов, то возвращается команда «W». Передача команд в аналоговый блок происходит только при наличии сигнала состояния из аналогового блока. Реакция аналогового блока на перегрузку зависит от режима работы. При возникновении перегрузки в режиме воспроизведения напряжения микроконтроллер отключает выход самостоятельно, сообщая о возникшей ситуации главному процессору, который, в свою очередь, только подтверждает отключение выхода. В режиме воспроизведения тока микроконтроллер аналогового блока самостоятельно не отключает выход, а только сообщает о состоянии выходного каскада.

Таблица 2.1 – Команды, подаваемые в аналоговый блок

Команды управления аналоговым блоком				
Заголовок	Данные	Разделитель	Назначение	Пример
+	XXXXX	{вк}{пс}	Значение кода ЦАП установки выходного уровня при положительной полярности. Диапазон мантиссы от 0 до 65535	+12345 {вк}{пс} (12345 мл.р.)
-	XXXXX	{вк}{пс}	Значение кода ЦАП установки выходного уровня при отрицательной полярности	-23456 {вк}{пс} (23456 мл.р.)
H	XXXXX X	{вк}{пс}	Частота в десятых долях герца.	H010000 {вк}{пс} (1000 Гц)
R	0	{вк}{пс}	Предел 0.2 В, постоянное напряжение	R0 {вк}{пс}
	1		Предел 2 В, постоянное напряжение	R1 {вк}{пс}
	2		Предел 20 В, постоянное напряжение	R2 {вк}{пс}
	3		Предел 200 В, постоянное напряжение	R3 {вк}{пс}
	4		Предел 600 В, постоянное напряжение	R4 {вк}{пс}
	5		Предел 20 мА, постоянный ток	R5 {вк}{пс}
	6		Предел 200 мА, постоянный ток	R6 {вк}{пс}
	7		Предел 2000 мА, постоянный ток	R7 {вк}{пс}
	8		Предел 0.2 В, переменное напряжение	R8 {вк}{пс}
	9		Предел 2 В, переменное напряжение	R9 {вк}{пс}
	10		Предел 20 В, переменное напряжение	R10 {вк}{пс}
	11		Предел 200 В, переменное напряжение	R11 {вк}{пс}
	12		Предел 600 В, переменное напряжение	R12 {вк}{пс}
	13		Предел 20 мА, переменный ток	R13 {вк}{пс}
	14		Предел 200 мА, переменный ток	R14 {вк}{пс}
	15		Предел 2000 мА, переменный ток	R15 {вк}{пс}
M	0	{вк}{пс}	Нет манипуляции	M0 {вк}{пс}
	1		Манипуляция симметричная 8 Гц	M1 {вк}{пс}
	2		Манипуляция симметричная 12 Гц	M2 {вк}{пс}
	3		Кодо-импульсная последовательность «З»	M3 {вк}{пс}
	4		Кодо-импульсная последовательность «Ж»	M4 {вк}{пс}
	5		Кодо-импульсная последовательность «КЖ»	M5 {вк}{пс}
S	0	{вк}{пс}	Выключить выход	S0 {вк}{пс}
	1		Включить выход в нормальном режиме	S1 {вк}{пс}
	2		Включить выход в режиме манипуляции	S2 {вк}{пс}
P	-	{вк}{пс}	Запрос состояния	Z {вк}{пс}
Примечание - {вк}{пс} - символы возврата каретки («0Dh») и перевода строки («0Ah»)				

2.4 Описание электрической принципиальной схемы платы базовой

2.4.1 Схема электрическая принципиальная платы базовой приведена на рисунке В.1 приложения В, план размещения элементов – на рисунке В.2, перечень элементов – в таблице В.1.

2.4.2 Все функциональные аналоговые узлы прибора, обеспечивающие воспроизведение напряжения до 20 В, расположены на базовой плате:

- коммутационный микроконтроллер D1, принимающий управляющие сигналы с платы индикации, преобразующий их в коды управления реле, аналоговых ключей и ЦАП частоты и амплитуды;

- дополнительный порт управления на сдвиговом регистре D2;

- формирователи напряжения (D3...D11) для управления поляризованными (двухпозиционными) реле (K1...K9) – усилители с противофазным выходом, организованные в виде неполной матрицы в три столбца на четыре строки и обеспечивающие подачу на обмотки реле коротких (20 мс) двухполярных импульсов;

- синтезатор частоты D14 с диапазоном 9 Гц – 33 кГц. Выходной сигнал синтезатора формируется на резисторах R30, R31 и, кроме основной гармоники, содержит высокочастотные и комбинационные составляющие. Для фильтрации последних применен LC-фильтр высокого порядка (L1, L2, L4, L5). С помощью дифференциального усилителя D17 парафазный сигнал преобразуется в однофазный;

- аналоговый перемножитель D19 для регулирования амплитуды переменного напряжения. Дополнительно сигнал регулирования амплитуды подается на вход установки опорного тока синтезатора через резистор R28. Коррекция постоянной составляющей на входе задающего генератора осуществляется усилителем D24, выходной сигнал которого воздействует на вход регулирования смещения аналогового перемножителя;

- шестнадцатиразрядный двухполярный ЦАП опорного напряжения, задающий выходной уровень;

- напряжение обратной связи, поступающее на вход системы авторегулирования (сигнал «ОС»), при воспроизведении постоянного тока подается непосредственно на вход усилителя обратной связи или через двухполупериодный измерительный выпрямитель (D30, D31);

- система определения состояния перегрузки (D34) формирует сигналы низкого уровня, подаваемые на вход коммутационного микроконтроллера, при превышении уровня ± 10 В на выходе усилителя ошибки или на выходе усилителя тока;

- выходной усилитель пределов «0.2 В», «2 В» и «20 В» (D43, V19, V20);

- усилитель тока пределов «20 мА», «200 мА» и «2000 мА» (D48, D49, V34, V35);

- блок питания, имеющий стабилизированные (± 15 В, +15 В) и нестабилизированные выходы (± 6 В);

- схема формирования сигналов обратной связи, содержащая усилители и делители напряжения, приводящие стабилизируемый уровень к номинальной шкале (около 6 В);

- модулятор, включенный в цепь выходного сигнала постоянного или переменного тока и состоящий из управляющего микроконтроллера и ЦАП, управляемого по заданной программе.

2.4.3 Коммутационный микроконтроллер аналогового блока принимает и декодирует команды главного процессора. После обработки команд процессор загружает соответствующие значения кодов в ЦАП выходного уровня, цифровой синтезатор и замыкает (размыкает) необходимые контакты реле. Причем, он выполняет отработку опасных состояний (включение и отключение высокого напряжения), обеспечивая необходимые задержки и снятие напряжения с контактов реле в момент коммутации. Этот микроконтроллер обеспечивает ответ на запрос главной ЭВМ о состоянии аналогового блока.

2.4.4 Все реле, установленные в схеме базовой платы, относятся к классу поляризованных (двухпозиционных). Для их управления микроконтроллер формирует на обмотке короткие импульсы: одной полярности для включения и другой - для выключения. В статическом состоянии обмотки обесточены и в выключенном приборе остаются в положении, которое

было в момент выключения. На базовой плате расположены ключи управления реле высоковольтного усилителя (D58).

2.4.5 ЦАП опорного напряжения выполнен на принципе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). ШИМ формируется из комбинации двух сигналов (меандра), выдаваемых внутренним таймером микроконтроллера (это сигналы «СНА» и «СНВ») и сдвинутых по фазе на значение загруженного кода. Выходное напряжение ЦАП может регулироваться в пределах от минус 3 В (при значении кода загрузки «+65535») до +3 В (соответствует коду загрузки «-65535»). Переключение полярности осуществляется сигналом «PPWM», под действием которого изменяется полярность опорного напряжения, подаваемого на модулятор ШИМ. Микросхемы D29, D32, содержащие по три пары аналоговых ключей, выполняют не только переключение аналоговых сигналов, но и функции логических инверторов и исключающего ИЛИ. Выходное напряжение ШИМ-ЦАП формируется на верхнем (по схеме) выводе резистора R62. Его амплитуда (около 3 В) определяется выходным напряжением интегрального опорного источника D37. Операционный усилитель D35 обеспечивает поддержание потенциала виртуальной «земли» опорного источника, который при положительной полярности выходных импульсов устанавливается равным нулю, а при отрицательной – минус 3 В. Частота ШИМ равна 168.75 Гц. Фильтрация импульсов ШИМ осуществляется тем же фильтром (D36), который предназначен для фильтрации выпрямленного переменного напряжения, также усилителем обратной связи (D38), являющимся интегратором.

2.4.6 Модуляционный микроконтроллер аналогового блока принимает и декодирует команды главного процессора, устанавливающие режим амплитудной манипуляции. В нормальном режиме работы прибора и в режиме «М0» микропроцессор подает на ЦАП код «4095» (двоичный – «1111111111»), обеспечивающий передачу сигнала постоянного или переменного тока через модулятор без ослабления. При установке режимов «М1» - «М5» коэффициент передачи ЦАП по заданной программе изменяется от максимального к минимальному (в состояние паузы с кодом «0000») и обратно (в состояние импульса). Переход от максимального кода к минимальному (и обратно) осуществляется плавно в течение 70 мкс по огибающей косинуса (половина периода косинуса с частотой 7.2 кГц). При этом микроконтроллер воспроизводит 30 промежуточных значений кода, не считая начального и конечного.

2.4.7 Выходной усилитель низковольтных пределов построен на высоковольтном операционном усилителе D43, дополненном повторителем напряжения на полевых транзисторах V19, V20. Установка начального тока выходного каскада производится с помощью двух параллельных стабилизаторов напряжения D45, D46, питаемых двумя стабилизаторами тока (около 2 мА) V9, V13 и V12, V14. При работе на пределах «0.2 В» и «2 В» питание усилителя составляет около ± 13.3 В. При установке предела «20 В» включается «накачивающий» конденсаторный преобразователь D44, повышающий напряжение питания до $\pm(40 - 42)$ В. Резисторами R95 и R97 устанавливается начальное смещение, при котором начальный ток выходных транзисторов находится в пределах от 7 до 10 мА (по падению напряжения на резисторах R105 и R108). При этом должно обеспечиваться минимальное напряжение на резисторе R102 – это условие симметрирования. Подстроечным конденсатором C71 устанавливается оптимальная частотная характеристика усилителя (по критериям устойчивости и равномерности АЧХ). Подстроечным резистором R87 регулируется смещение усилителя.

2.4.8 При воспроизведении тока выбор предела осуществляется изменением сопротивления токового шунта (R126 – R128). Значение падения напряжения на токовом шунте по отношению к входному напряжению устанавливается в соответствии с соотношением номиналов резисторов R111 и R112. Резисторы R112...R115 должны быть одинакового номинала, чтобы обеспечить независимость выходного тока от напряжения на нагрузке (потенциале на токовом шунте). Точная настройка моста обеспечивается резистором R116, а неизменность балансировки при переключении пределов - резисторами R129 и R130. Выходной каскад усилителя тока также содержит повторитель напряжения на полевых транзисторах V32, V33, параллельные стабилизаторы смещения D53, D54 и стабилизаторы тока V32, V33. Резисторами R119 и R121 устанавливается начальное смещение, при котором начальный ток выходных транзисторов находится в пределах от 50 до 100 мА (по току потребления от силового

трансформатора). При этом должно обеспечиваться минимальное напряжение на резисторе R124 – это условие симметрирования. Построечным конденсатором C96 устанавливается оптимальная частотная характеристика усилителя (по критериям устойчивости и равномерности АЧХ).

2.4.9 Схема формирования (нормирования) сигналов обратной связи, содержит:

- усилитель сигнала обратной связи пределов «0.2 В» и «2 В» на операционном усилителе D56, коэффициент усиления ($K = 3$ или 30) которого переключается аналоговым ключом D55. Регулировка смещения на этих пределах производится переменным резистором R147. Коррекция частотной характеристики усилителя производится цепочками R146, C107 (при $K = 3$) и R136, C105 (при $K = 30$);

- делитель напряжения R151, R152, R154 обеспечивает масштабирование сигнала на пределах «20 В» и «200 В» («150 В» переменного тока). Подстроечными конденсаторами C108 и C111 регулируется частотная характеристика делителей на этих пределах;

- делитель R155, R156 осуществляет масштабирование сигнала обратной на пределе «600 В». Подстроечным конденсатором C116 регулируется частотная характеристика делителя;

- сигналы обратной связи от всех источников собираются мультиплексором D61 и подаются на вход усилителя обратной связи. Сигналы от высокоомных источников дополнительно буферизуются (D59, D60, D62), чтобы исключить влияние электронных ключей на коэффициент передачи и частотную характеристику.

Стабилизация выходного напряжения осуществляется на выходных контактах разъемов (X5 и X6) посредством сведения в точку выходов низковольтного (через контакты реле K5) и высоковольтного усилителей (через контакты реле K6) и входа схемы обратной связи. Делители обратной связи подключаются к выходной клемме с помощью контактов реле K4 (на пределах «0.2 В» и «2 В»), K9 (на пределе «20 В»), K7 (на пределе «200 В»).

2.5 Описание электрической принципиальной схемы платы высоковольтного усилителя

2.5.1 Схема электрическая принципиальная платы высоковольтного усилителя приведена на рисунке Г.1 приложения Г, план размещения элементов – на рисунке Г.2, перечень элементов – в таблице Г.1.

2.5.2 На плате высоковольтного усилителя расположены:

- собственно высоковольтный усилитель - D1...D5, V1...V10;
- выпрямитель V13 и стабилизатор питания высоковольтного усилителя ± 280 В (V14...V23);

- реле управления режимами усилителя (K1-K4);

- специальное реле K5 представляет собой бесконтактный семисторный ключ, предназначенный для включения силового трансформатора высоковольтного усилителя;

- высоковольтный выпрямитель V24 и активный фильтр L4...L6, R54, C25...C27, D6.

2.5.3 Схема управления реле высоковольтного усилителя расположена на базовой плате. Высоковольтный усилитель включается (силовой трансформатор включается реле K5) при воспроизведении напряжения свыше 20 В. В остальных случаях его схема обесточена.

2.5.4 Выходной усилитель выполнен двухкаскадным – повторитель-инвертор D1 и высоковольтный операционный усилитель D3. Смещение высоковольтного усилителя корректируется операционным усилителем с малым смещением D2. Подстроечным конденсатором C4 производится настройка частотной характеристики усилителя. Выходной каскад усилителя построен аналогично низковольтному усилителю с той разницей, что выходные полевые транзисторы включены последовательно для повышения допускаемого рабочего напряжения. Напряжение на выходных транзисторах выравнивается с помощью резистивных делителей R9, R10 и R11, R12. Резисторами R14 и R16 устанавливается начальное смещение, при котором начальный ток выходных транзисторов находится в пределах от 5 до 7 мА (по паде-

нию напряжения на резисторах R24 и R25). При этом должно обеспечиваться минимальное напряжение на резисторе R20 – это условие симметрирования.

2.5.5 Стабилизаторы напряжения питания выходного каскада +280 В и минус 280 В имеют одинаковую схему. Их выходное напряжение устанавливается соответственно резисторами R33 и R40. В стабилизаторе предусмотрено ограничение пикового тока нагрузки на уровне 200 мА.

2.5.6 К разъему X3 подключается повышающий высоковольтный трансформатор, который в режиме переменного напряжения передает выходное напряжение усилителя с коэффициентом передачи $K = 4$. Выходной трансформатор подключается к усилителю через разделительный конденсатор C21, C22. При воспроизведении постоянного напряжения свыше 200 В на повышающий трансформатор подается напряжение с частотой 1 кГц, амплитуда которого определяет значение выходного постоянного напряжения. Переменное напряжение выпрямляется и фильтруется активным фильтром высокого порядка. Для улучшения динамических свойств выпрямителя (уменьшения времени снятия напряжения) он дополнительно нагружен на балластный резистор R51, R52.

2.5.7 Режимы и пределы высоковольтного усилителя переключаются контактами реле K2...K4, устанавливающие состояния:

- прямого прохождения выходного напряжения усилителя на выход платы, применяемого на пределах «200 В» (постоянного тока) и «150 В» (переменного тока);
- прохождения на выход переменного напряжения с повышающего трансформатора на пределе «600 В»;
- выпрямления и фильтрации переменного напряжения с повышающего трансформатора при воспроизведении постоянного напряжения на пределе «600 В».

С помощью реле K1 выбирается полярность выпрямленного напряжения на пределе «600 В».

2.6 Описание электрической принципиальной схемы преобразователя ПНТ-50

2.6.1 Схема электрическая принципиальная преобразователя ПНТ-50 приведена на рисунке Д.1 приложения Д, перечень элементов – в таблице Д.1, размещение функциональных узлов – на рисунке 1.2.

2.6.2 Схему преобразователя составляют:

- импульсный блок питания А2;
- токовый шунт А3, входной разъем X1 и выходные клеммы X13 и X14, расположенные на передней панели;
- вентилятор, расположенный на задней панели;
- плата преобразователя ПНТ-50 (А1), на которой размещены практически все остальные элементы схемы.

2.6.3 Схема электрическая принципиальная платы преобразователя ПНТ-50 приведена на рисунке Е.1 приложения Е, план размещения элементов на плате преобразователя – на рисунке Е.2, перечень элементов – в таблице Е.1. На плате преобразователя ПНТ-50 размещены:

- схема отключения входа на поляризованных реле K1, K2;
- усилитель обратной связи D3;
- генератор треугольного напряжения D1 с частотой около 150 кГц (устанавливается резистором R1);
- компаратор D4, формирующий сигнал широтно-импульсной модуляции, для сравнения треугольного напряжения с усиленным сигналом обратной связи;
- схема на логических элементах D6 для формирования противофазных управляющих ШИМ сигналов, обеспечивающих задержку включения полевых транзисторов с целью исключения сквозных токов;
- четыре параллельно включенных мостовых выходных каскада U1...U4 на полевых транзисторах V1...V4. Управление транзисторами осуществляется специальными микросхе-

мами D1 и D2. На выходе ключевых каскадов включены LC-фильтры высокого порядка, обеспечивающие выделение низкочастотной составляющей;

- токовый шунт, включенный в цепь выходного тока;
- масштабирующий дифференциальный усилитель D12, формирующий напряжение обратной связи, пропорциональное выходному току;
- схема определения и индикации состояния разрыва нагрузки и перегрева D5;
- схема ограничения мощности (D9), потребляемой от блока питания по цепи +5 В;
- схема включения основного источника (V10...V14), питающаяся от дежурного источника;
- стабилизаторы напряжения для питания аналоговой схемы D10 и D11.

2.6.4 Усилитель обратной связи сравнивает входной сигнал и сигнал обратной связи, поступающий от дифференциального усилителя D6. Для обеспечения устойчивости всей системы стабилизации выходного тока в обратную связь операционного усилителя D3 включена интегрирующе-пропорциональная цепочка R10, C5, C6, которая влияет на частотную характеристику преобразователя в области частот выше 300 Гц. Для выравнивания частотной характеристики в частотном диапазоне до 1 кГц применены корректирующие цепочки R5, C2 и R12, C7, C8. Настройка производится резистором R13. Регулирование смещения усилителя ошибки производится резистором R8.

2.6.5 Напряжение, падающее на токовом шунте, усиливается дифференциальным усилителем D7. Его коэффициент усиления составляет приблизительно $K = 2.5$ и регулируется резистором R52. Главной особенностью этого каскада является способность передавать с минимальной погрешностью «плавающее» напряжение с шунта на выход, «привязанный» к общему проводу (обеспечивается соединением входа «REF» микросхемы D6 с общим проводом).

2.6.6 Усиленное напряжение ошибки поступает на вход компаратора, выполняющего роль ШИМ-модулятора, через полевой транзистор V4. В нормальном состоянии он открыт, и управляющее напряжение поступает на модулятор без ослабления. В тех случаях, когда мощность (ток), потребляемая от источника питания (по шине +5 В), становится слишком большой (превышает 30 А), происходит запирающее полевого транзистора и, соответственно, ограничение ШИМ. Сигнал ограничения мощности вырабатывается компаратором D9. В качестве датчика тока (токового шунта R39) используется печатный проводник. Порог срабатывания компаратора устанавливается резистором R41. При срабатывании системы ограничения мощности включается светодиод V13 («Lim»).

2.6.7 Определение состояния перегрузки выхода производится по уровню на выходе усилителя ошибки. При выходе этого напряжения за пределы диапазона от минус 3.75 до +3.75 В происходит включение светодиода D7 («OL»).

2.6.8 Определение состояния перегрева производится компаратором D5.3. Датчиком перегрева служит терморезистор A1, расположенный вблизи выходных транзисторов. Когда сопротивление терморезистора (применен терморезистор с отрицательным температурным коэффициентом порядка минус 3...4% / °C) снижается и становится меньше сопротивления резистора R26, включается индикатор V8 («OT»). Температура срабатывания составляет около +70...80°C.

2.6.9 Питание преобразователя осуществляется от импульсного блока питания с электронным управлением. При включении сетевого питания на выходе X3:9 блока питания появляется напряжение +5 В от «дежурного» источника. Это напряжение питает схему управления блоком питания на транзисторе V12. При замыкании кнопки S3 этот транзистор открывается и с его коллектора низкий уровень подается в блок питания (сигнал «Включение»). Если кнопка удерживается достаточно долго, то источник успевает включиться и через резистор R33 на базу транзистора V12 поступает напряжение, удерживающее его в открытом состоянии, а блок питания включенным. При замыкании кнопки S4 транзистор V12 запирается и отключает блок питания. Это происходит, если кнопка удерживается, пока не разрядятся блокирующие конденсаторы (не менее 1 с). Состояние наличия «дежурного» напряжения отображает светодиод V14 («Line»). Состояние основного блока питания отобра-

жается свечением диода V11, включающегося логическим уровнем, приходящим из блока питания (сигналом «ОК»). Этот сигнал находится в высоком уровне, если все выходные уровни находятся в допустимых пределах. При неисправности одного из каналов блока питания, обусловленной недопустимым снижением выходного уровня, светодиод V11 начинает мигать. При значительном увеличении мощности (тока), потребляемой от сети, блок питания может отключиться самостоятельно внутренней схемой защиты.

2.6.10 Все модули выходных каскадов U1...U4 включены параллельно и питаются от двух шин: +5 В и +12 В. К первой шине подключены выходные транзисторы V1...V4, от второй питаются микросхемы драйверов D1, D2. Низкочастотная составляющая выделяется трехкаскадным фильтром L1...L6, C18...C73. Подавление высокочастотных помех, порождаемых индуктивностью рассеивания, производится цепочками R17, C14, R19, C16, R18, C15 и R20, C17. Резистор R21 представляет дополнительную нагрузку усилителя и предназначен для снижения добротности LC-фильтра и подавления колебаний на частоте среза.

3 ОПИСАНИЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ ПРИБОРА

3.1 Меры сопротивления и блок нагрузок

3.1.1 Меры сопротивления (0.01; 1; 10 и 100 Ом) и блок нагрузок, входящие в состав комплекта прибора, имеют схемы, показанные на рисунке 3.1. Перечень элементов, примененных в схеме блока нагрузок, приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Перечень элементов блока нагрузок

Позиционное обозначение	Наименование	Количество
C1	Конденсатор К10-62-150 пФ±10%-МПО ОЖ0.460.217 ТУ	1
C2	Конденсатор К73-17 630 В-0,47 мкФ±10 %-В ОЖ0.461.104 ТУ	1
R1	Резистор С2-23-0,5-3.3 кОм±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1
R2	Резистор С2-23-2-2.4 кОм±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1
R3...R5	Резистор С2-23-2-3 Ом±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	3
R6	Резистор С2-23-2-750 Ом±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1
R7	Резистор С2-23-2-20 кОм±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1
R8	Резистор С2-23-2-330 кОм±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1
R9	Резистор С2-23-2-20 кОм±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1
R10	Резистор С2-23-0,5-3.3 кОм±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1
R11	Резистор С2-23-2-20 кОм±10 % А-В ОЖ0.467.081 ТУ	1
X1	Розетка СР50-73-ФВ ВР0.364.008 ТУ	1
X2...X6	Клемма КМСИ.	5
X7	Розетка СР50-73-ФВ ВР0.364.008 ТУ	1
X8, X9	Клемма КМСИ.	2
X10	Розетка СР50-73-ФВ ВР0.364.008 ТУ	1

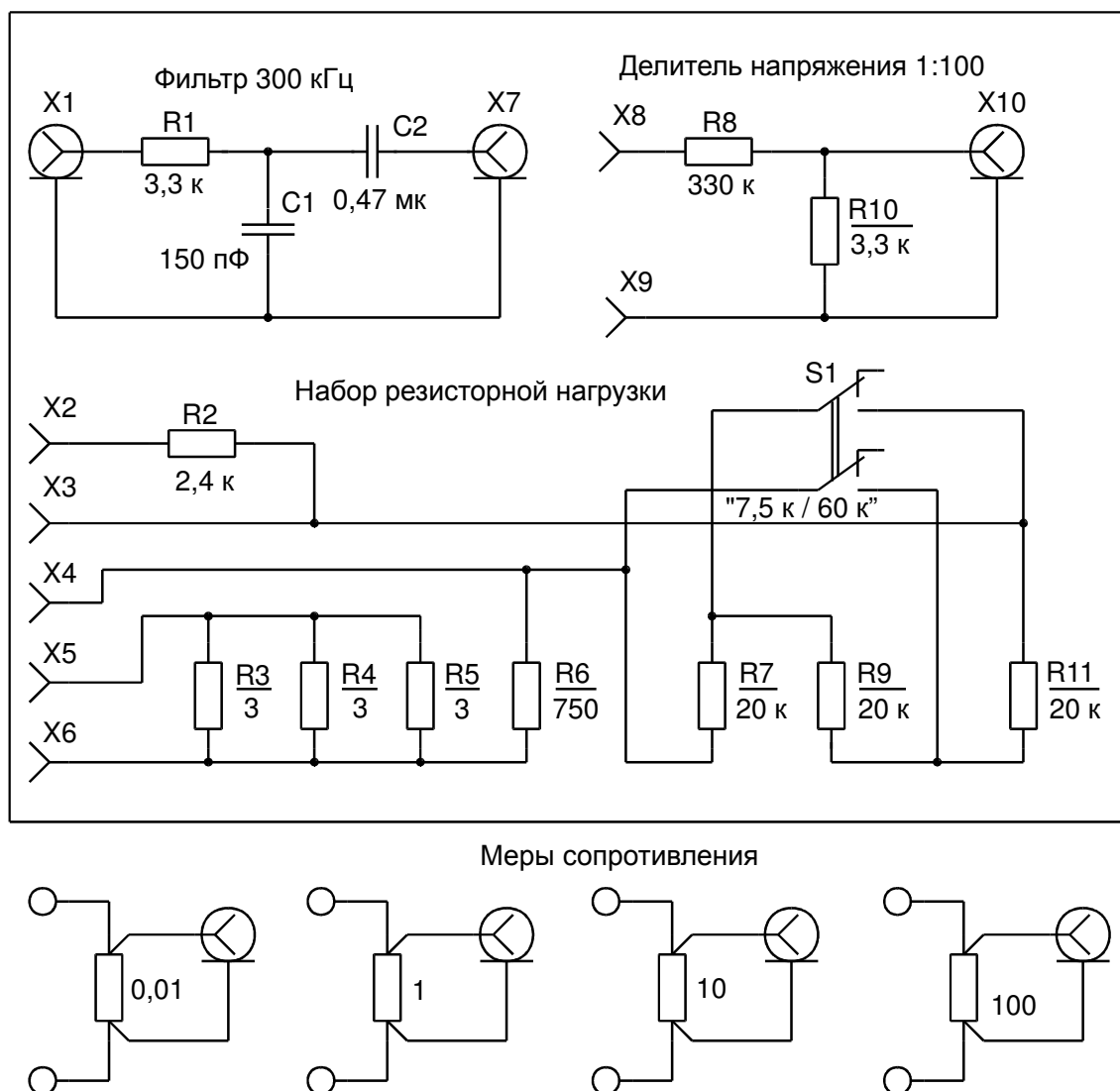


Рисунок 3.1 – Схемы электрические принципиальные блока нагрузок и мер сопротивления

4 КАЛИБРОВКА И РЕГУЛИРОВКА ПРИБОРА

4.1 Общие указания по калибровке (калиброванию) прибора

4.1.1 В приборе Н4-11 применена цифровая калибровка (калибрование), выполняемая без его вскрытия. Методы цифровой калибровки приведены в разделе 11 первой части настоящего руководства по эксплуатации (КМСИ.411182.011 РЭ, часть 1). Калибрование проводится в исправном приборе и является основным элементом восстановления его полной работоспособности после ремонта.

В приборе имеются и органы аналоговой калибровки (регулировки) - в схемах базовой платы, высоковольтного усилителя, платы индикации и преобразователя ПНТ-50. Это элементы, предназначенные для начальной установки режимов схемы, настройки нуля, формирования заданной АЧХ усилителей (делителей) и т.п. Практически необходимость в их регулировании возникает только при выпуске прибора или замене элементов. Методы аналоговой настройки и регулировок описаны в п.4.4 настоящего документа.

4.1.2 При калибровке прибора следует учитывать некоторые особенности организации ЭНЗУ:

- контроль и диагностика исправности данных ЭНЗУ выполняются при включении прибора и при записи в ЭНЗУ калибровочных констант в ходе калибровки, поэтому сообщения об ошибках (см. п.10.2.2 КМСИ.411182.011 РЭ, часть 1) могут появиться только в этих случаях;

- для восстановления данных в ЭНЗУ необходимо провести калибровку прибора. При этом нужно иметь в виду, что даже неполная калибровка восстанавливает признаки исправности ЭНЗУ (контрольную сумму). Поэтому при калибровке необходимо внесение всех калибровочных констант (выполнение всех шагов). При неполной калибровке вместо невнесенных констант записываются инициализированные значения - единичный масштабный коэффициент или остаются прежние.

В Н И М А Н И Е! Для предотвращения записи ошибочных данных в ЭНЗУ в процессе калибровки не следует допускать выключения прибора, а также необходимо принимать меры по снижению вероятности сбоев сетевого питания.

Носителем данных калибровки является микроконтроллер платы индикации, а объектами калибровки являются аналоговые платы. Таким образом, калибровка распространяется на комплект весь комплект плат (блоков). Замена даже одной платы нарушает калибровку прибора.

4.1.3 В приборе предусмотрена возможность считывания и ввода данных ЭНЗУ. Это позволяет на основе записей восстановить данные при выходе из строя микросхемы микроконтроллера (или замене платы индикации) без проведения калибровки. Порядок считывания данных ЭНЗУ описан в подразделе п.4.2, порядок ввода значений констант - в подразделе п.4.3. В п.4.3 также описан порядок очистки (инициализации) ЭНЗУ.

4.1.4 Прибор Н4-11 калибруется путем автоматического вычисления и записи в ЭНЗУ цифровых масштабных коэффициентов. Система цифровой калибровки построена на следующих принципах:

- базовой является калибровка нуля опорного ЦАП. Значение этого калибровочного коэффициента применяется во всех случаях установки выходного уровня;

- во всех случаях также применяются масштабные коэффициенты уровня опорного напряжения ЦАП при положительной и отрицательной полярностях (отдельные коэффициенты). Они используются во всех случаях установки выходного уровня. На переменном токе применяется коэффициент положительной полярности;

- на всех пределах воспроизведения выходного напряжения и тока применяются отдельные масштабные коэффициенты. Причем, в режиме амплитудной манипуляции применены собственные масштабные коэффициенты, независимые от масштабных коэффициентов аналогичных пределов нормального режима работы;

- считается, что усилители или делители обратной связи не имеют частотной погрешности или она незначительна и имеет предсказуемый характер (подъем или спад) и могут характеризоваться только одним параметром – коэффициентом «наклона» АЧХ. Причем, «наклон» АЧХ, определяемый неидеальностью элементов делителей или усилителей, является параметром конструктивным и не изменяющимся в процессе эксплуатации. Поэтому калибровка «наклона» АЧХ производится ТОЛЬКО при выпуске или капитальном ремонте прибора (это системные калибровки). Для компенсации частотной погрешности («наклона») применяется метод частотной пропорционально-квадратичной коррекции (полиномом второй степени). С помощью полинома только по одной калибровочной точке (немного ниже верхней рабочей частоты) вычисляется поправка для всего частотного диапазона, которая начинает заметно действовать, начиная с 3-5 кГц;

- технологическая калибровка установки частоты синтезатора переменного синусоидального сигнала.

4.2 Считывание калибровочных констант ЭНЗУ

4.2.1 Калибровочные константы могут быть выведены на индикатор прибора. Они представлены в виде безразмерного коэффициента, который вычисляется как отношение текущего уровня к его номинальному значению на данном шаге калибровки.

4.2.2 Просмотр осуществляется в режиме ввода калибровочных значений. Для просмотра значения калибровочных констант необходимо выполнить следующие операции:

- нажать кнопки **Shift** и **V**;
- ввести трехзначный код-ключ - число 411. Набор кода производится кнопками цифрового ввода **4**, **1** и **1** с интервалом не более 2,5 с между нажатиями;
- если код введен правильно, то на индикаторе прибора появляется сообщение выбора калибровочного шага;
- нажатием кнопок **←** («уменьшение номера шага») или **→** («увеличение номера шага») выбрать необходимый номер шага калибровки;
- нажать кнопку **Enter** («подтверждение калибровки») - на индикаторе появляется номинальное значение напряжения и частоты в точке калибровки;
- нажать кнопку **←** (кнопка приобретает значение «показать значение калибровочного коэффициента») - на третьей строке индикатора появится значение коэффициента, а на поле типа данных (справа) указатель выводимой константы «Kdcal». Это число может быть записано (например, в формуляр), а впоследствии может быть введено для восстановления калибровочного коэффициента. Внимание! Калибровочное значение отображается только в течение 2.5 - 3 с, а затем прибор возвращается в режим ожидания редактирования выхода;
- для возврата в режим выбора номера шага калибровки необходимо нажать кнопку **Clr** («отмена»). Повторное нажатие кнопки **Clr** приводит к выходу из режима калибровки.

4.3 Очистка и восстановление калибровочных констант ЭНЗУ

4.3.1 Калибровочные константы могут быть полностью стерты с помощью операции очистки ЭНЗУ (при этом будут записаны исходные значения калибровочных коэффициентов). Очистка ЭНЗУ и запись исходных значений (инициализация) выполняется при замене микросхемы энергонезависимой памяти. Для полной инициализации ЭНЗУ необходимо нажать кнопки **Shift** и трижды **9** (999 - код инициализации). Если код введен правильно, на индикаторе должно появиться сообщение «Init_EEPROM» и движущийся индикатор процессов записи и считывания данных.

4.3.2 Калибровочные константы могут быть частично стерты с помощью операции очистки области системных констант – констант частотной коррекции АЧХ. Для этого необходимо нажать кнопки **Shift** и трижды **5** (555 - код инициализации). Если код введен правильно, на индикаторе также должно появиться сообщение «Init_EEPROM» и движущийся индикатор процессов записи и считывания данных. Частичную очистку ЭНЗУ необходимо проводить для того, чтобы правильно настроить цепи частотной компенсации делителей обратной связи.

4.3.3 Калибровочные константы могут быть восстановлены на основании ранее сделанных записей и введены в процессе калибровки. Для ввода значения калибровочных констант необходимо провести следующие операции:

- нажать кнопки **Shift** и **ExCal**. На индикаторе должно появиться сообщение «Calibr_of_Scale»;
- ввести трехзначный код-ключ - число 411. Набор кода производится кнопками цифрового ввода **4**, **1** и **1** с интервалом не более 2,5 с между нажатиями;
- если код введен правильно, то на индикаторе прибора появляется значение калибровочного уровня шага «OK» и сообщение выбора шага калибровки «Calibr_of_Scale» (на второй строке) и «Cal_Step_N=00» (на третьей строке);

- нажатием кнопок \leftarrow («уменьшение номера шага») или \rightarrow («увеличение номера шага») выбирается необходимый номер шага калибровки;
- нажать кнопку Enter («подтверждение калибровки») - на индикаторе появляется номинальное значение уровня и частоты в точке калибровки, а также других параметров, обозначающих калибруемый режим;
- режим редактирования с курсором в крайней правой позиции уже включен. Вращением кодового переключателя отредактировать выходной уровень таким образом, чтобы при нажатии кнопки \leftarrow («показать калибровочную константу») индицировалось требуемое значение (записанное ранее). Как правило, ввод возможен только методом последовательных приближений (изменить – посмотреть на результат – снова изменить – опять посмотреть);
- для возврата в режим выбора номера шага калибровки необходимо нажать кнопку Clr («отмена»). Повторное нажатие кнопки Clr приводит выходу из режима калибровки. Ввод калибровочных констант позволяет восстановить метрологические характеристики прибора без проведения измерительных операций. Например, при замене индикаторной платы или в случаях, когда в аналоговой части прибора не произошли существенные изменения.

4.4 Регулировка прибора

4.4.1 Для проведения регулировки необходимо снять верхнюю крышку прибора Н4-11, обеспечив доступ к элементам регулировки. Снятием верхней крышки обеспечивается доступ и к элементам регулировки преобразователя ПНТ-50. Расположение элементов регулировки показано на рисунках 4.1 – 4.3. Регулировка производится в соответствии с указаниями таблицы 4.1.

Таблица 4.1 – Параметры аналоговой регулировки

Режим	Калибровочная точка	Элемент регулировки	Устанавливаемое значение	Методика калибровки
Базовая плата				
DCV, «M0»	0 В, DC	R87	На выходе: 0 ± 100 мкВ	п.4.4.2
DCV	0 В, DC	R95, R97	На резисторах R105, R106 (или R107, R108): 60-100 мВ	п.4.4.3
DCI	0 мА, DC	R119, R121	Ток 50-100 мА через V34, V35	п.4.4.3
DCI	100 мА, DC	R116	Изменение тока на выходе не более ± 0.01 мА	п.4.4.4
DCV	0 В, DC	R147	На выходе: 0 ± 20 мкВ	п.4.4.2
ACV, «M0»	10 В, 20 кГц	C71	На выходе: $10 \text{ В} \pm 0.1 \%$	п.4.4.5
ACI	1000 мА, 10 кГц	C86	На выходе: $1 \text{ А} \pm 0.2 \%$	п.4.4.5
ACV	10 В, 20 кГц	C108	На выходе: $10 \text{ В} \pm 0.1 \%$	п.4.4.5
ACV	100 В, 20 кГц	C111	На выходе: $100 \text{ В} \pm 0.2 \%$	п.4.4.5
ACV	200 В, 1 кГц	C116	На выходе: $200 \text{ В} \pm 0.1 \%$	п.4.4.5
Плата высоковольтного усилителя				
DCV	100 В, DC затем в режиме «FREdit» 0 В, DC	R14, R16	На резисторе R24 (или R25): 40-70 мВ	п.4.4.3
DCV	100 В, DC	R33, R40	На конденсаторах C17 и C20: $+280 \pm 5 \text{ В}$ и $-280 \pm 5 \text{ В}$	п.4.4.6
ACV, «M0»	100 В, 20 кГц	C4	На выходе: $100 \text{ В} \pm 0.2 \%$	п.4.4.5

Продолжение таблицы 4.1

Режим	Калибровочная точка	Элемент регулировки	Устанавливаемое значение	Методика калибровки
Плата индикации				
-	-	R27	Наилучшая контрастность и угол обзора	-
Плата преобразователя ПНТ-50				
DCI, «ПНТ-50»	0 мА, DC	R1	Частота на С10: 150 -175 кГц	п.4.4.7
DCI, «ПНТ-50»	0 мА, DC	R8	На выходе ПНТ-50: 0 ± 5 мА	п.4.4.8
ACI, «ПНТ-50»	20 А, 1 кГц	R13	На выходе ПНТ-50: $20 \text{ А} \pm 0.3 \%$	п.4.4.5
ACI, «ПНТ-50»	50 А, 1 кГц	R41	На выходе ПНТ-50: не менее 2 В	п.4.4.9
DCI, «ПНТ-50»	20 А, DC	R52	На выходе ПНТ-50: $20 \text{ А} \pm 0.1 \%$	п.4.4.10

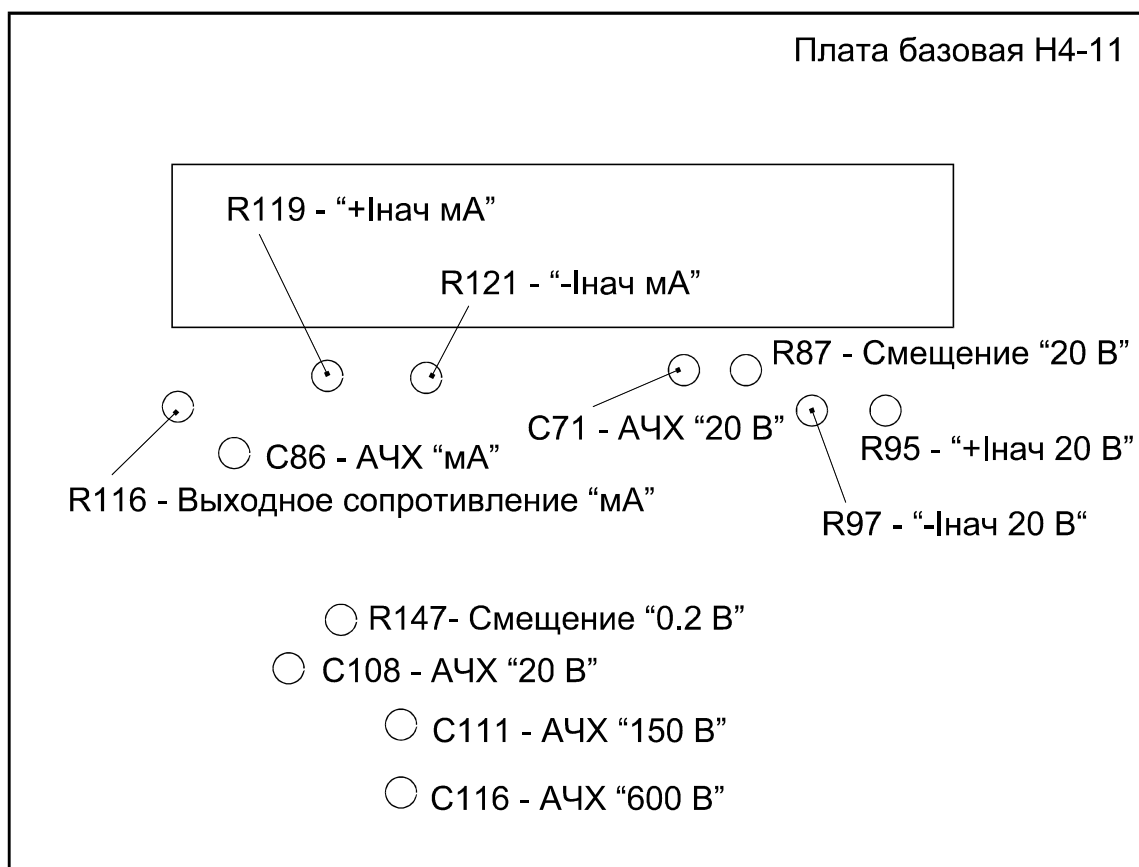


Рисунок 4.1 - Расположение элементов регулировки на базовой плате

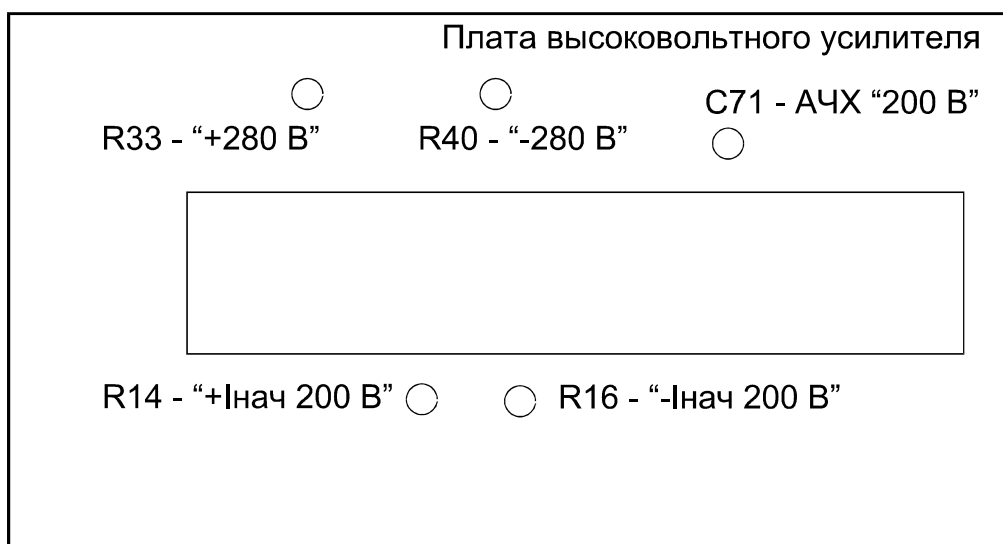


Рисунок 4.2 - Расположение элементов регулировки на плате высоковольтного усилителя

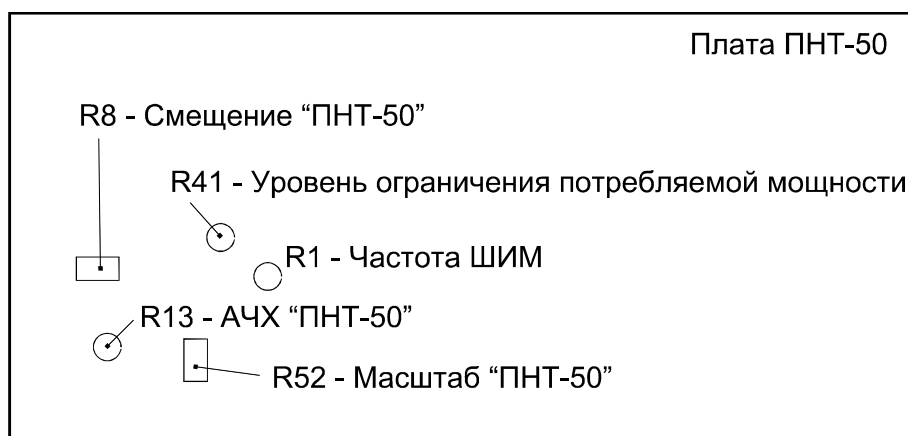


Рисунок 4.3 - Расположение элементов регулировки на плате преобразователя ПНТ-50

4.4.2 Установка напряжения смещения (нуля) низковольтного выходного усилителя производится резистором R87* базовой платы. Для того чтобы правильно отрегулировать смещение, необходимо:

- установить выходное напряжение 0 В в режиме воспроизведения постоянного напряжения. Кроме этого необходимо установить режим амплитудной манипуляции «М0» для исключения усилителя из системы авторегулирования. Прибор перед этим должен быть прогрет не менее 5 мин;

- подключить вольтметр В7-64/1 к выходу калибратора и произвести установку нуля с необходимой точностью (см. таблицу 4.1).

Аналогично производится установка нуля низковольтного усилителя обратной связи (резистором R147). При этом необходимо отключить режим амплитудной манипуляции «М0» (подключить систему авторегулирования выхода).

* Упоминаемые здесь и далее элементы электрических принципиальных схем приведены и описаны в соответствующих разделах настоящего руководства

4.4.3 Регулировка начального тока выходных транзисторов низковольтного усилителя производится резисторами R95 и R97. Чтобы правильно установить ток через транзисторы, необходимо:

- установить выходное напряжение 0 В в режиме воспроизведения постоянного напряжения. При этом ток нагрузки равен нулю и не влияет на точность установки тока;
- подключить низкопотенциальный вход вольтметра В7-64/1 к выходной клемме «Vhi», соединенной с выходом усилителя, а высокопотенциальный вход вольтметра поочередно подключается к истокам транзисторов V19, V20 и выходу D43.6. Таким образом контролируется падение напряжения на резисторах R105, R106, R107, R108 и R102 соответственно;
- резисторами R95 и R97 установить такое начальное смещение, при котором начальный ток выходных транзисторов находится в пределах от 7 до 10 мА (по падению напряжения на резисторах R105, R106 и R107, R108 – в пределах 60-100 мВ). При этом должно обеспечиваться минимальное напряжение на резисторе R102 – это условие симметрирования. Регулирование ведется методом последовательных приближений;
- достаточность установленного значения начального тока проверяется при измерении коэффициента гармоник при выходном уровне 3-10 В частотой 30 кГц. Если коэффициент гармоник превышает допустимое значение, - начальный ток выходных транзисторов может быть увеличен до 15 мА (падение напряжения на резисторах R105, R106 и R107, R108 составляет 200 мВ).

Аналогично производится регулировка (резисторами R14, R16) начального тока выходных транзисторов высоковольтного выходного каскада. При этом напряжение контролируется на резисторах R24, R25 и R20. Устанавливаемое падение напряжения составляет 40 - 70 мВ. Чтобы установить на выходе калибратора 0 В, DC, необходимо:

- вначале установить 100 В, DC – включается высоковольтный усилитель;
- включить режим редактирования с фиксированным пределом («FREdit») нажатием кнопок Shift и Δ;
- кнопками передвижения курсора и вращением переключателя добиться выходного напряжения 0 В, DC.

Подомным же образом производится установка начального тока транзисторов V34, V35 выходного каскада воспроизведения тока. Значение тока устанавливается по амплитуде пульсаций на выпрямителе питания выходного каскада (+6 В и минус 6 В). Ток устанавливается следующим образом:


- установить на выходе калибратора значение выходного тока 0 мА, DC и подключить нагрузку 1 Ом;
- подключить низкопотенциальный вход вольтметра В7-64/1 к выходной клемме «I hi», соединенной с выходом усилителя, а высокопотенциальный вход таким образом, чтобы контролировать падение напряжения на резисторе R124;
- подключить вход осциллографа с закрытым входом к стоку транзистора V34;
- регулировать (резисторами R119, R121) начальное смещение выходных транзисторов, чтобы двойная амплитуда пульсаций на выпрямителе была в пределах от 25 до 45 мВ (0.5 В на 1 А частотой 100 Гц), а падение напряжения на резисторе R124 не превышало 0.2 В.

4.4.4 Регулировка выходного сопротивления в режиме воспроизведения силы тока производится балансировкой отношения резисторов обратной связи. Для правильной балансировки необходимо:

- включить прибор в режим воспроизведения постоянного тока 100 мА;
- подключить на выход нагрузку, состоящую из меры сопротивления 1 Ом и добавочного резистора сопротивлением 10 Ом (можно использовать другую меру сопротивления);
- подключить вольтметр В7-64/1 к мере сопротивления 1 Ом;
- зафиксировать показания вольтметра нажатием его кнопки Δ;
- закоротить дополнительный резистор. Если изменение напряжения на мере сопротивления превышает ± 50 мкВ, то необходима подстройка выходного сопротивления. Регулируя резистором R116, замыкая и размыкая дополнительный резистор, необходимо добиться того,

чтобы изменение напряжения на мере сопротивления при изменении выходного напряжения на 1 В не превышало ± 20 мкВ.

4.4.5 Настройка частотной характеристики низковольтного усилителя производится подстроечным конденсатором путем изменения постоянной времени цепи обратной связи. Целью данной регулировки является установление на высокой частоте такого же выходного уровня, как и на низких частотах. Лучше всего это делать следующим образом:

- установить выходе калибратора переменное напряжение 10 В частотой 1 кГц в режиме «М0» (при отключенной системе авторегулирования выхода);
- подключить на выходные клеммы вольтметр В7-64/1, включенный в режиме измерения переменного напряжения.
- зафиксировать показания вольтметра нажатием его кнопки  %;
- установить на выходе частоту 20 кГц и регулировкой конденсатора С71 добиться того же уровня (нулевых показаний с заданной точностью), что и на частоте 1 кГц;
- проверить частотную погрешность на частотах 10 и 30 кГц. Она не должна быть больше, указанной в таблице 4.1. Предпочтительно, чтобы частотная погрешность была монотонной, одного знака и пропорциональной частоте или квадрату частоты. Одновременно данная регулировка обеспечивает установление достаточного запаса устойчивости выходного усилителя. Критерием хорошей устойчивости может служить не только отсутствие самовозбуждения, но и низкий уровень собственных высокочастотных шумов. Для проверки устойчивости усилителя на выход калибратора подключается осциллограф.

Аналогично регулируется частотная характеристика высоковольтного усилителя (конденсатором С4), выходного каскада воспроизведения тока (конденсатором С86) и преобразователя ПНТ-50. Причем, для калибратора тока базового прибора (до 2 А) частотная характеристика регулируется в частотном диапазоне только до 12 кГц (проверяется линейность в частотных точках 1, 3, 5 и 10 кГц), а для ПНТ-50 - только до 1200 Гц (проверяется линейность в частотных точках 100, 500 и 1000 Гц). В последнем случае (для ПНТ-50) частотная характеристика выравнивается относительно уровня 100 Гц. Нагрузкой калибраторов тока базового прибора и ПНТ-50 при настройке АЧХ должны служить меры переменного тока из комплекта прибора с номинальным сопротивлением 1 Ом и 0.01 Ом соответственно.

Аналогично настройке АЧХ выходных усилителей регулируется АЧХ делителей обратной связи (конденсаторами С108, С111 и С116). Для правильной регулировки необходимо выключить режим амплитудной манипуляции и очистить системные константы цифровой калибровки. Причем, частотная характеристика предела «600 В» выравнивается относительно уровня 100 Гц.

4.4.6 Настройка выходного напряжения стабилизаторов питания высоковольтного усилителя производится резисторами R33, R40. Чтобы произвести настройку, необходимо установить на выходе калибратора любой уровень выше 20 В, например, 100 В, DC. При этом включится питание высоковольтного усилителя. Устанавливаемый уровень напряжения питания контролируется вольтметром В7-64/1, подключаемым в любую точку на выходе стабилизаторов. Например, удобно подключаться к контактам стоков (металлическому основанию) транзисторов V7 (положительное напряжение) и V10 (отрицательное напряжение) или выводам резисторов R35 и R38. Параметры регулировки приведены в таблице 4.1.

ВНИМАНИЕ! Соблюдайте меры безопасности. Предварительно устанавливайте (вручную) на вольтметре В7-64/1 предел «1000 В».

4.4.7 Частота ШИМ преобразователя ПНТ-50 устанавливается резистором R1 с помощью осциллографа, подключаемого к конденсатору С10. Необходимо установить длительность периода пилообразного напряжения значением (6.5 ± 0.5) мкс.

4.4.8 Смещение усилителя ПНТ-50 регулируется следующим образом:

- установить на входе преобразователя ток, равный нулю. Для этого достаточно отключить вход;
- подключить на выход преобразователя меру сопротивления 0.01 Ом, а к потенциальным выводам меры вольтметр В7-64/1, включенный в режиме измерения постоянного напряжения;
- отрегулировать резистором R8 смещение таким образом, чтобы напряжение на мере сопротивления не превышало ± 50 мкВ (± 5 мА);
- подать от калибратора Н4-11 уровни +1 В и минус 1 В и убедиться в том, что несимметрия напряжения (тока) не превышает ± 100 мкВ (± 10 мА). Если она больше, необходимо еще скорректировать смещение нуля.

4.4.9 Порог срабатывания схемы ограничения потребляемой мощности устанавливается резистором R41 следующим образом:

- подключить на выход преобразователя меру сопротивления 0.01 Ом;
- подключить вольтметр В7-64/1, включенный в режиме измерения переменного напряжения, к выходным клеммам преобразователя ПНТ-50;
- установить на выходе преобразователя ток I_v значением 25 А, 100 Гц;
- измерить напряжение U_v на выходных клеммах (это значение с учетом падения напряжения на соединительных проводах). Вычислить значение выходной мощности P , выдаваемой преобразователем в данный момент по формуле (4.1):

$$P = U_v \cdot I_v \quad (4.1)$$

- измерить вольтметром В7-64/1 постоянное напряжение U между нижним выводом резистора R37 и левым выводом резистора R40 (по схеме). Это падение напряжения на конструктивном токовом шунте R38;
- вычислить пороговое напряжение U_n по формуле (4.2):

$$U_n = U \cdot \frac{180}{P} \quad (4.2)$$

- подключить вольтметр В7-64/1 параллельно резистору R40 и резистором R41 установить вычисленное значение напряжения, которое будет соответствовать порогу срабатывания защиты при достижении максимальной выдаваемой мощности (и потребляемой тоже).

4.4.10 Коэффициент преобразования устанавливается следующим образом:

- подключить на выход преобразователя меру сопротивления 0.01 Ом, а к потенциальным выводам меры вольтметр В7-64/1, включенный в режиме измерения постоянного напряжения;
- подать от калибратора Н4-11 уровень +2 В и резистором R51 установить напряжение, соответствующее току 20 А с учетом действительного значения меры сопротивления. Изменить полярность входного напряжения и убедиться в том, что установленное значение коэффициента передачи обеспечивает получение необходимого напряжения на мере сопротивления (с точностью ± 100 мкВ). При необходимости скорректировать коэффициент передачи;
- проверить коэффициент передачи при входном напряжении +1 В (соответствует выходному току +10 А), минус 1 В (минус 10 А), +5 В (+50 А) и минус 5 В (минус 50 А). При правильной настройке погрешность воспроизведения тока не должна превышать ± 0.1 % при всех указанных значениях выходного тока.

5 УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

5.1 Общие указания

5.1.1 Настоящий раздел содержит сведения, необходимые для устранения отдельных или незначительных неисправностей, возможных при эксплуатации. Капитальный ремонт прибора с заменой элементов конструкции, печатных плат, встроенного программного обеспечения должен выполняться изготовителем или специализированными ремонтными предприятиями.

5.1.2 При ремонте прибора следует соблюдать меры безопасности и защиты прибора, изложенные в п.5.2.

5.1.3 Прибор не подлежит ремонту в случаях:

- если наблюдаются значительные механические повреждения деталей и узлов, которые не могут быть заменены запасными;
- если произошли разрушения деталей и монтажа, приведшие к нарушению изоляции и препятствующие безопасной эксплуатации прибора.

5.2 Меры безопасности и защиты прибора

5.2.1 По степени защиты от поражения электрическим током прибор Н4-11 относится к классу II по ГОСТ Р 51350-99 и может эксплуатироваться с незаземленным корпусом. Блок преобразователя ПНТ-50 относится к классу I по ГОСТ Р 51350-99 и должен эксплуатироваться только с защитным заземлением, подключаемым через сетевую вилку. В противном случае на входных и выходных клеммах будет действовать опасный потенциал около 110 В, 50 Гц относительно земли. Если незаземленный блок ПНТ-50 подключен к калибратору Н4-11, то опасное напряжение появляется и на его выходных клеммах.

5.2.2 Запрещается подавать:

- на выход калибратора (низкопотенциальные клеммы) напряжение более 700 В (1000 В амплитудного) относительно земли (питающей сети) при условии, что блок ПНТ-50 отключен и не используется;
- подключать вход и выход преобразователя ПНТ-50 к заземленным устройствам; подключать выход калибратора Н4-11 к заземленным устройствам при подключенном к нему преобразователе ПНТ-50;
- подавать на выходы калибратора и преобразователя ПНТ-50 сигналы от других источников;
- подавать на отключенный вход преобразователя ПНТ-50 напряжение амплитудой более 350 В. Для этого необходимо отключать кабель преобразователя от калибратора Н4-11 при установке напряжений свыше 200 В;
- подавать на включенный вход преобразователя ПНТ-50 напряжение амплитудой более 100 В;
- включать выходной ток более 32 А преобразователя ПНТ-50 на время более 5 мин, особенно при повышенной окружающей температуре.

5.2.3 Не рекомендуется:

- замыкать накоротко выход калибратора напряжения, особенно при воспроизведении высокого напряжения. Время срабатывания защиты от коротких замыканий и перегрузки по току составляет доли секунды. До отключения выходного напряжения выходной ток ограничивается только параметрически (может достигать 300 мА);
- включать без необходимости преобразователь, особенно как при отключенной нагрузке (обратной связи), так и в состоянии закороченного выхода. В первом случае при разорванных выходных клеммах происходит перегрев демпфирующих резисторов фильтра. Во втором - возможно появление самовозбуждения и неконтролируемого саморазогрева. Оптимальная нагрузка преобразователя ПНТ-50 составляет 0.01 – 0.05 Ом;

- надолго включать режимы максимальной нагрузки, особенно при повышенном напряжении в сети, повышенной окружающей температуре и затрудненной вентиляции. Сочетание указанных неблагоприятных факторов способствует перегреву, который приводит к снижению надежности и нестабильности устанавливаемых уровней.

5.2.4 Источниками опасного напряжения 220 В, 50 Гц в приборе являются сетевые цепи: выводы сетевых трансформаторов, выводы сетевого предохранителя, сетевой выключатель, сетевой разъем-фильтр и электронное реле на плате высоковольтного усилителя.

При установленном на выходе напряжении свыше 20 В на плате высоковольтного усилителя появляются опасные уровни напряжения постоянного и переменного тока:

- напряжение питания выходного каскада до 320 В постоянного тока;
- выходное напряжение усилителя до 250 В (амплитудное);
- выходное напряжение после повышающего трансформатора до 900 В (амплитудное) и на высоковольтном выпрямителе.

Источником опасного напряжения преобразователя ПНТ-50 является вся схема в случае отсутствия заземления. Все сетевые цепи располагаются внутри импульсного блока питания. Для его ремонта требуются особые меры безопасности.

5.2.5 В схемах прибора Н4-11 и преобразователя ПНТ-50 присутствуют мощные источники питания, поэтому выход их строя схем, питающихся от этих источников, может быть причиной разрушения проводников, сильного перегрева или возгорания.

5.2.6 Неправильная установка начального тока транзисторов выходных каскадов может быть причиной перегрева блоков питания и силовых трансформаторов.

5.2.7 К пользованию прибором могут быть допущены лица, аттестованные для работы с напряжением до 1000 В, прошедшие инструктаж о мерах безопасности при работе с радиоизмерительными приборами и изучившие настоящее руководство по эксплуатации.

5.3 Перечень средств измерения и контроля

5.3.1 При проведении ремонта должна быть применена аппаратура с характеристиками, указанными в таблице 5.1. Если в процессе ремонта требуется проведение калибровки прибора, необходимо воспользоваться указаниями по выбору аппаратуры п.11.5 части 1 настоящего руководства.

Таблица 5.1 – Перечень средств измерения, необходимых для ремонта

Наименование и тип	Назначение	Используемые параметры	
		Функция и диапазон (основной параметр)	Погрешность
Осциллограф С1-114/1	Поиск неисправностей по временным диаграммам	Полоса пропускания 0 - 50 МГц, чувствительность от 5 мВ/дел до 5 В/дел	±5 %
Мультиметр В7-64/1	Поиск неисправностей по режимам в контрольных точках и «прозвонка» элементов и электрических цепей	Измерение: - постоянного напряжения от ±10 мкВ до ±25 В; - переменного напряжения от 1 мВ до 600 В частотой 10 Гц - 33 кГц; - силы постоянного тока до 2 А; - сопротивления постоянному току от 0 Ом до 10 Мом; - частоты от 10 Гц до 10 кГц	±0.01 % ±0.1 % ±0.5 % ±0.05 % ±0.01 %

П р и м е ч а н и я

1 Разрешается применять другие меры и измерительные, обеспечивающие измерение 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.

5.4 Устранение неисправностей

5.4.1 Перед ремонтом прибора необходимо изучить настоящее руководство по эксплуатации. Перечень характерных неисправностей, указания по их поиску и устранению приведены в таблицах 5.2 и 5.3.

5.4.2 При поиске неисправностей необходимо иметь в виду, что в нормально функционирующем приборе постоянно работают микроконтроллеры, одновременно выполняя несколько операций:

- каждое нажатие кнопки или вращение кодового переключателя вызывает изменение состояния индикатора. Если поданная с передней панели команда вызывает изменение выходного уровня, то по последовательному интерфейсу в аналоговый блок передается соответствующая команда. Формат команд соответствует приведенным в таблице 2.1. Их можно наблюдать и имитировать с помощью компьютера, оснащенного программой эмулятора терминала. Нужно только позаботиться о согласовании логических уровней (0 - 5 В) и уровней интерфейса RS-232C (± 12 В);

- каждое нажатие кнопки сопровождается генерацией звукового сигнала с частотой около 2 кГц;

- данные в последовательный канал выдаются в виде пачки импульсов;

- наблюдая осциллографом выполнение загрузки синтезатора и ЦАП, сигналов управления реле и электронными ключами, можно сделать заключение об их исправности;

- наблюдая прохождение аналогового сигнала по цепочке от ЦАП к выходу прибора, можно проконтролировать работоспособность многих узлов прибора (усилителей, фильтров, преобразователей).

5.4.3. Поиск неисправностей в аналоговой части прибора производится при включении неработающего режима контролем прохождения (преобразования) сигнала в тракте обработки с помощью вольтметра или осциллографа и определении узла или элемента, неправильно выполняющего свою функцию.

5.4.4 При определении неисправности следует иметь в виду, что чаще всего неисправность возникает в наименее надежных, наиболее нагруженных или более подверженных внешним воздействиям элементах. Таковыми в схеме прибора являются:

- сильно нагруженные элементы источника питания – силовые трансформаторы, выпрямительные диоды, конденсаторы фильтра, стабилизаторы напряжения;

- выходные каскады (выходные транзисторы) низковольтного усилителя, усилителя тока и высоковольтного усилителя, а также высоковольтные стабилизаторы;

- все разъемные соединения и реле, коммутирующие большую мощность;

- механические устройства. В данном случае кнопки, переключатели и, особенно, охлаждающий вентилятор, который работает постоянно;

- в схеме ПНТ-50 – выходные коммутирующие транзисторы и импульсный блок питания.

5.4.5 Импульсный блок питания, примененный в преобразователе ПНТ-50, аналогичен компьютерному. Примененный блок питания необходимо рассматривать как готовое покупное изделие. Его ремонт сопряжен с дополнительной опасностью поражения электрическим током (его схема гальванически связана с сетью) и требует применения специального оборудования. Поэтому рекомендуется при выходе из строя блока заменять его новым. Для замены при ремонте можно использовать любой блок питания, соответствующий стандарту АТХ (по присоединительным размерам, схеме включения, требованиям безопасности) и мощностью не менее 400 Вт (необходимо, чтобы максимальный допускаемый ток по цепи «+5 В» был не более 32 А). У заменяемого блока питания могут быть удалены лишние выходные разъемы (не используемые выходы можно обрезать для улучшения вентиляции в блоке). Если включение нового блока питания затруднено (см. признаки неисправности п.4 в таблице 5.3), то необходимо увеличить емкость конденсатора «мягкого» запуска на плате внутри блока питания (например, включенного между 4 и 14 выводами микросхемы контроллера TL494 блока питания).

5.4.6 Определение неисправности в части прибора, работающей в статическом режиме, производится с помощью вольтметра или осциллографа. Этим способом удобно проверять источник питания и цепи питания. В таблице 5.4 содержатся данные, которые могут облегчить поиск неисправностей. В ней для каждого режима работы указываются узлы, которые должны быть проверены, и метод проверки.

Таблица 5.2 – Неисправности прибора Н4-11

Внешнее проявление неисправности или ее признаки	Вероятная причина неисправности	Метод определения неисправности
1 Прибор не включается и не работает вентилятор	Неисправность сетевых цепей	Выключить из сети и проверить исправность предохранителя, выключателя сетевой обмотки трансформатора
2 Сгорает предохранитель	Выход из строя диодов или конденсаторов фильтра выпрямителя, одной из микросхем стабилизаторов	«Прозвонить» диоды и конденсаторы. Попробовать включить прибор при пониженном сетевом питании (начиная от ~20 В) и попытаться найти неисправный элемент с помощью осциллографа
3 Отсутствует индикация	Неисправность микроЭВМ индикаторной платы	Проверить питание индикаторной платы. Проверить питание процессора, работу его генератора
4 Индикация нормальная, но выход неуправляем	Неисправность микроЭВМ аналогового блока, не приходят управляющие команды	Проверить питание процессора аналогового блока, работу его генератора. Проверить работу канала связи. Проверить другие узлы аналогового блока
5 На выходе появилась постоянная составляющая или форма напряжения сильно искажена	Неисправность выходного каскада или его источника питания	Проверить режимы выходного каскада того предела, на котором наблюдается искажение выходного сигнала
6 Ограничение напряжения на пределе «20 В»	Неисправность схемы повышающего преобразователя напряжения	Проверить работу повышающего преобразователя при установленном выходном уровне от 2 до 20 В
7 Выходная частота не соответствует заданной	Неисправность задающего генератора	Проверить частоту задающего генератора
8 Выходное напряжение на одном из пределов не соответствует установленному значению	1 Неисправность выходного каскада этого предела 2 Неисправность в цепи преобразователя обратной связи	1 Проверить напряжение на входе и выходе соответствующего усилителя 2 Проследить прохождение сигнала по цепи обратной связи
9 Выходное напряжение на всех пределах и режимах не соответствует установленному значению	1 Неисправность опорного источника 2 Неисправность модулятора	1 Проверить работу опорного источника и ШИМ ЦАП 2 Проверить работу и прохождение сигнала через ЦАП модулятора
10 Выходное напряжение низких уровней воспроизводится с ошибкой	1 Самовозбуждение выходного каскада 2 Смещение усилителей обратной связи	1 Проверить осциллографом форму выходных сигналов 2 Проверить исправность усилителей, отрегулировать смещение

Продолжение таблицы 5.2

Внешнее проявление неисправности или ее признаки	Вероятная причина неисправности	Метод определения неисправности
11 Выходное напряжение нестабильно на всех пределах	Неисправность источника питания	Проверить напряжение и пульсации источников питания
12 Сильный нагрев радиатора источников питания и выходного каскада	1 Неисправность выходного каскада 2 Начальный ток превышает допустимый	1 Проверить работу выходного каскада 2 Проверить уровень начального тока

Таблица 5.3 – Неисправности преобразователя ПНТ-50

Внешнее проявление неисправности или ее признаки	Вероятная причина неисправности	Метод определения неисправности
Неисправности импульсного блока питания		
1 Прибор не включается и не работает вентилятор, не светится светодиод «дежурного» режима	Неисправность сетевых цепей импульсного блока питания	Выключить из сети и проверить исправность предохранителя, выключателя блока питания (внутри). Для проверки блока питания необходимо отключить его от платы преобразователя, подключить нагрузку не менее 10 Вт и включить замыканием линии «PS_ON» на общий провод
2 Сгорает предохранитель (импульсного блока питания)	Выход из строя диодов или конденсаторов фильтра выпрямителя, ключевых транзисторов импульсного блока питания	«Прозвонить» диоды и конденсаторы. Попробовать включить прибор при пониженном сетевом питании (начиная от ~20 В) и попытаться найти неисправный элемент с помощью осциллографа. Блок питания при этом необходимо питать от развязывающего трансформатора!
3 Светодиод «дежурного» режима светится, а блок ПНТ-50 не включается	Выход из строя основного блока питания импульсного источника	Это сложная неисправность для ее устранения поиска необходимо обратиться в специализированную организацию
Неисправности платы ПНТ-50		
4 Светодиод «дежурного» режима светится, а блок ПНТ-50 включается на короткое время и выключается самостоятельно	Неисправность схемы преобразователя. При включении схема защиты блока питания обнаруживает перегрузку и отключает его	Отключить блок питания и проверить его с внешней нагрузкой мощностью не менее 10 Вт. Проверить исправность силовых цепей «+5 В» и «+12 В» на плате преобразователя. Для отключения выходных каскадов необходимо удалить перемычки

Продолжение таблицы 5.3

Внешнее проявление неисправности или ее признаки	Вероятная причина неисправности	Метод определения неисправности
5 Аналогично п.4 и появляется замыкание линии питания «5 В» при включении питания	1 Выход из строя одного из транзистора пары выходных транзисторов 2 Неисправность драйвера управления полевыми транзисторами	1 Удаляя перемычки и отключив жгут выходных проводов от платы, определить неисправный каскад. Определить неисправный транзистор «прозвонкой» сопротивления сток-исток. У неисправного транзистора оно составляет доли ома. 2 При отключенном питании выходного каскада (+5 В) проверить уровни сигналов, поступающих от драйверов (амплитуда импульсов должна быть 0 - 12 В). Если импульсы отсутствуют (такое происходит при разрыве обратной связи), необходимо замкнуть на общий провод вход компаратора D4.2 (и они появятся). При пробое в цепи затвора амплитуда импульсов значительно уменьшается и начинается очень сильный нагрев микросхем драйверов, которые при продолжительной перегрузки могут выйти из строя
6 Аналогично п.4 и имеется замыкание линии питания «5 В»	Выход из строя пары выходных транзисторов	Удаляя перемычки и отключив жгут выходных проводов от платы, определить неисправный каскад. Выход из строя транзисторов обычно сопровождается шунтированием выхода драйверов.
7 Включение питания ПНТ-50 происходит, а выход не управляется. Выходной ток незначительный	1 Неисправность на входе. Он не подключается 2 Неисправен источник питания схемы	1 Проверить уровни сигналов на входе преобразователя 2 Проверит уровни блока питания
8 Включение питания ПНТ-50 происходит, а выход не управляется. Выходной ток максимален	1 Неисправность в цепи обратной связи (обратная связь разорвана) 2 Неисправность модулятора (импульсы отсутствуют)	1 Пройти по цепи обратной связи и определить участок, на котором выходной сигнал не соответствует входному 2 Проверить работу генератора, компаратора, каскада фазорасщепителя и драйверов

Таблица 5.4 – Режимы работы схем

Режим	Проверяемый узел	Метод проверки
Плата индикации		
1 Любой	Стабилизатор питания. С5: $+5\text{ В} \pm 5\%$	Измерение режимов по постоянному току в цепях
	Инвертор питания. С2: минус $5\text{ В} \pm 5\%$	
	Схема интерфейса: D8.9, D8.10, X2.1, X2.5	1 Подключить компьютер 2 Запустить программу * 3 Проверить прохождение сигналов от выхода ОЭВМ (от D4.10 до X2.1) и от выхода компьютера до входа приемника ОЭВМ (от X2.5 до D4.9)
Плата базовая		
2 Выход: $+0\text{ В}$	Источники питания. С87: $+8\text{ В} \pm 20\%$ С88: минус $8\text{ В} \pm 20\%$ С98: $+5\text{ В} \pm 5\%$ С99: $+15\text{ В} \pm 5\%$ С100: минус $15\text{ В} \pm 5\%$ Питание низковольтного выходного каскада. D43.7: $+13.2\text{ В} \pm 5\%$ D43.4: минус $13.2\text{ В} \pm 5\%$	Измерение режимов по постоянному току в цепях, где напряжение не зависит от режима работы
3 Выход: $+10\text{ В}$	Питание низковольтного выходного каскада. D43.7: $+40\text{ В} \pm 3\text{ В}$ D43.4: минус $(40 \pm 3)\text{ В}$	Измерение режимов по постоянному току
4 Выход: $+0\text{ В}$	Смещение выходных транзисторов. V19 и V34 (затвор): $+(2.5 - 4)\text{ В}$ V20 и V35 (затвор): минус $(2.5 - 4.5)\text{ В}$	Измерение режимов по постоянному току
5 Выход: $\sim 2\text{ В}$, 1 кГц	Тракт формирования сигнала и обратной связи: $\sim(5 - 7)\text{ В}$; D19.11, D21.6, C48, D56.6: $\sim(6 - 7)\text{ В}$; D32.15: $+(6 - 7)\text{ В}$; D33.1: минус $(2.5 - 2.8)\text{ В}$; D38.6: минус $(4 - 8)\text{ В}$	Измерение режимов по постоянному и переменному току
Плата высоковольтного усилителя		
6 Выход: $+33\text{ В}$	Предварительные каскады. D1.6: минус $1\text{ В} \pm 1\%$; D3.1: $\pm 0.05\text{ В}$; D3.7: $+33\text{ В} \pm 1\%$	Измерение режимов по постоянному току
7 Выход: $+0\text{ В}$	Смещение выходных транзисторов. V8 (затвор): $+(2.5 - 4)\text{ В}$ V9 (затвор): минус $(2.5 - 4.5)\text{ В}$	Измерение режимов по постоянному току
8 Выход: $+0\text{ В}$	Питание выходного каскада. V7 (затвор): $+(140 \pm 20)\text{ В}$ V10 (затвор): минус $(140 \pm 20)\text{ В}$ V7 (сток): $+280\text{ В} \pm 10\%$ V10 (сток): минус $280\text{ В} \pm 10\%$ V22 (сток): $+320\text{ В} \pm 20\%$ V10 (сток): минус $320\text{ В} \pm 20\%$	Измерение режимов по постоянному току

Продолжение таблицы 5.4

Режим	Проверяемый узел	Метод проверки
Плата преобразователя ПНТ-50		
8 Выход: +0 А, нагрузка 0.01 Ом	Источники питания. C21: +5 В \pm 5 % C52: +12 В \pm 5 % C53: минус 12 В \pm 5 % C49: +5 В \pm 5 % C50: минус 5 В \pm 5 %	Измерение режимов по постоянному току
	Тракт формирования сигнала. D3.6: \pm 0.1 В; D4.2: \pm 0.1 В; D4.3: пила 150 кГц, амплитуда \pm 2.5 В; D4.7: импульсы 150 кГц, скважность 50 \pm 10 %; D6.6 и D6.4: импульсы 5 В, 150 кГц, скважность 40 В \pm 10 %; U1-U4, D1.5 и D1.7: импульсы 12 В, 150 кГц, скважность 40 В \pm 10 %; V2, V4 (сток): импульсы 5 В, 150 кГц, скважность 50 В \pm 10 %; X6, X7: +2.5 В \pm 10 %; D7.6: \pm 0.1 В	Измерение режимов по постоянному току и наблюдение формы сигналов осциллографом
	Схема включения питания. V10 (база): +5 В; V12 (коллектор): +(0.1–0.5) В; R35 (верхний вывод): +5 В	Измерение режимов по постоянному току
* Уровни, необходимые для питания схемы интерфейса, появляются только после инициализации последовательного порта компьютера, происходящей при запуске коммуникационной программы		

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Схема электрическая принципиальная и перечень элементов калибратора универсального Н4-11

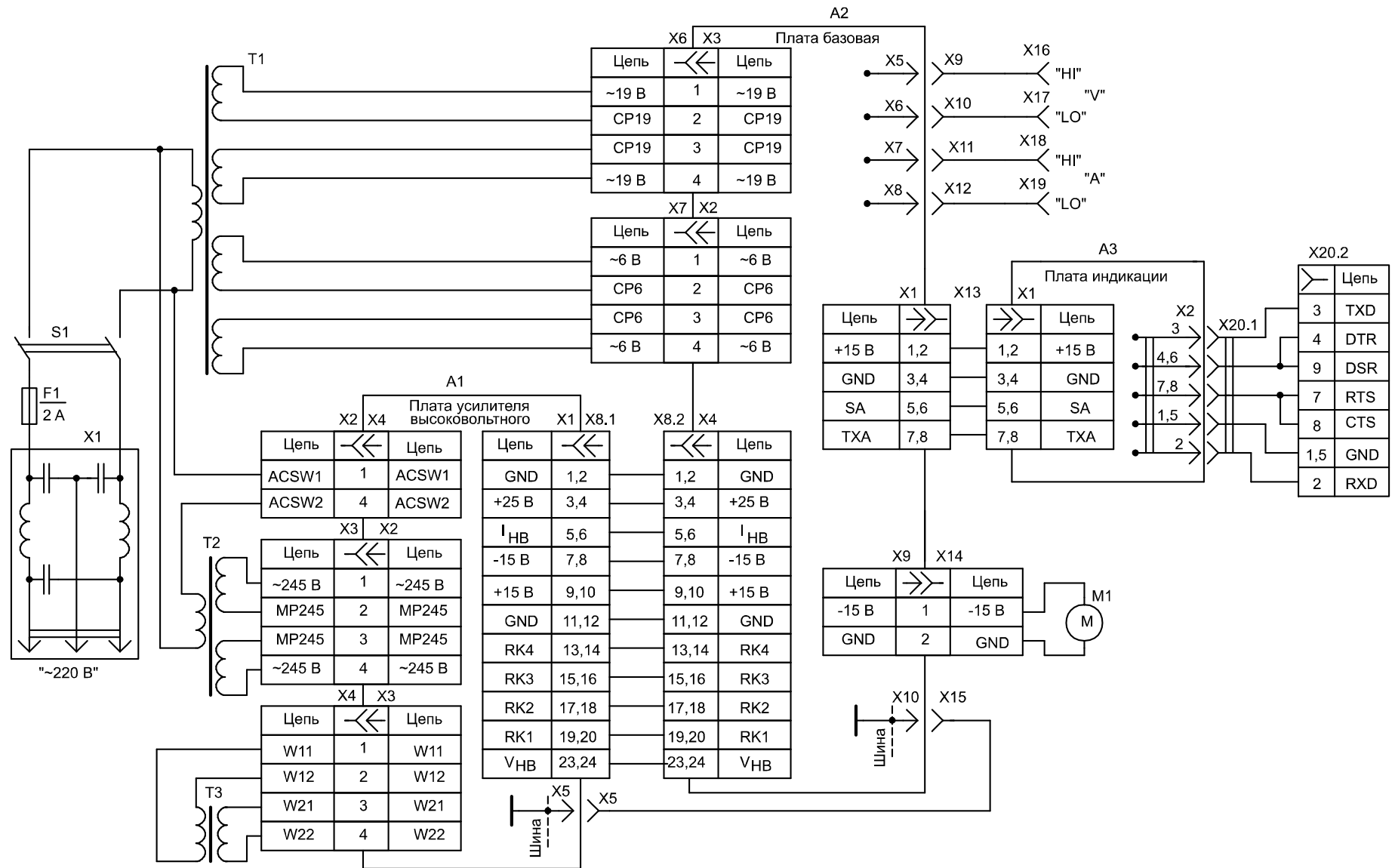


Рисунок А.1 – Схема электрическая принципиальная калибратора универсального Н4-11

Таблица А.1 – Перечень элементов калибратора универсального Н4-11

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1	Плата усилителя высоковольтного КМСИ.469135.128	1	С держателем предохранителя и фильтром (на 1 А)
A2	Плата базовая КМСИ.469135.130	1	
A3	Плата индикации КМСИ.469135.131	1	
F1	Вставка плавкая ВП2Б-1В-2,0 А 250 В ОЮ0.481.005 ТУ	1	
M1	Вентилятор MJ451012 ф."JAMICON"	1	
S1	Тумблер ПТ73-2-2 АГО.360.077 ТУ	1	
T1	Трансформатор КМСИ.671111.057	1	
T2	Трансформатор КМСИ.671111.058	1	
T3	Трансформатор КМСИ.671111.059	1	
X1	Вилка приборная KFA4301.5041 ф. "SCHURTER"	1	
X2...X4	Розетка PHU-4	3	Розетка IDC-24М, вилка FDC-24
X5	Клемма ножевая (розетка) 9-160583-2 ф."AMP"	1	
X6,X7	Розетка PHU-4	2	
X8	Соединитель КМСИ.685611.083-01	1	
X9..X12	Клемма ножевая (розетка) 9-160583-2 ф."AMP"	4	6.35x0.8, изолированная на провод 1.5-2.5 мм
X13	Соединитель КМСИ.685611.083	1	
X14	Розетка HU-2	1	
X15	Клемма ножевая (розетка) 9-160583-2 ф."AMP"	1	
X16... ...X19	Гнездо соединительное Хв4.835.010-05	4	Розетка IDC-10М, розетка DI-9F
X20	Соединитель КМСИ.685611.067	1	