

## Описание работы инверторного источника питания

Источник питания инверторный (в дальнейшем – «источник») состоит из следующих частей: силовой части, схемы автоматики и блока управления.

Силовая часть состоит из вводного автоматического выключателя, сетевого выпрямителя с емкостным фильтром, тиристорного инвертора со сварочным трансформатором и выходного выпрямителя с индуктивным фильтром.

Вводной автоматический выключатель QF1 предназначен для технологического включения и выключения источника, защиты источника от перегрузок по току при значительном увеличении нагрузки и защиты источника от тока короткого замыкания при возникновении аварийных процессов в силовой части.

При включении вводного автоматического выключателя QF1 напряжение сети поступает на вентилятор обдува M1, первичную обмотку трансформатора питания блока управления T1 и на сетевой выпрямитель VD1 – VD4. Вторичные обмотки трансформатора T1 подключены к плате питания ПП, которая выдает нестабилизированное напряжение +24 В, стабилизированное двухполярное напряжение  $\pm 15$  В и стабилизированное напряжение +5 В, предназначенные для питания узлов источника. Плата питания ПП выполнена по типовой схеме на интегральных стабилизаторах напряжения DA1<sub>ПП</sub> – DA3<sub>ПП</sub>. При включении QF1 засвечивается светодиод VD3<sub>ПИ</sub> («Сеть») на плате индикации ПИ.

Сетевой выпрямитель выполнен на диодах VD1 – VD4 по мостовой схеме с батареей фильтровых конденсаторов C1 – C8, оснащенной разрядным резистором R2. При включении источника происходит заряд конденсаторов C1 – C8 через зарядный резистор R1, чем осуществляется ограничение пускового тока. Управление пуском источника осуществляется платой управления (ПУ). При достижении напряжения на конденсаторах C1 – C8 около 268 – 270 В пробиваются последовательно включенные стабилитроны VD2<sub>ПУ</sub> – VD9<sub>ПУ</sub> и по цепи +U<sub>d</sub>–U<sub>d</sub> начинает протекать ток, ограничиваемый резистором R1<sub>ПУ</sub>. При этом засвечивается светодиод оптронного модуля VD1<sub>ПУ</sub>, фотодиод этого модуля приоткрывается, открывая транзистор VT1<sub>ПУ</sub>, который соединяет вывод Б катушки реле KV1 с общей точкой. При открывании транзистора VT1<sub>ПУ</sub> засвечивается светодиод VD2<sub>ПИ</sub> («Готов») и создается условие для включения реле KV1<sub>ПУ</sub>. Реле KV1 включается, становится на подхват при помощи контакта 2–3, который шунтирует транзистор VT1<sub>ПУ</sub>, и при помощи контакта 5–6 включает контактор KM1. Контакт KM1 при помощи силового контакта 1–2 шунтирует зарядный резистор R1 и конденсаторы оказываются подключенными к мосту VD1 – VD4 напрямую.

При замыкании кнопки SB1 («Пуск») вывод Б катушки реле KV1<sub>ПУ</sub> соединяется с общей точкой через открытый транзистор VT1<sub>ПУ</sub> и замкнутый контакт 2–3 реле KV1. Реле KV1<sub>ПУ</sub> включается и при помощи контакта 5–6 становится на подхват. При этом засвечивается светодиод VD1<sub>ПИ</sub> («Пуск») и через контакт 2–3 этого реле напряжение высокого уровня (+ 24 В) поступает на контакт 2А разъема XS2–XP1<sub>БУ</sub>. При этом засвечивается светодиод оптопары VT1<sub>ПФИ</sub>, фототранзистор этой оптопары открывается, что приводит к появлению низкого уровня на входах 8, 9, 10 элемента DD4.1<sub>ПФИ</sub> и 1, 12, 13 элемента DD4.2<sub>ПФИ</sub>, разрешая прохождение импульсов через эти элементы на выходные каскады.

Блок управления БУ состоит из платы формирователя импульсов ПФИ и платы регулятора тока ПРТ и предназначен для управления тиристорным инвертором источника.

Плата формирователя импульсов ПФИ состоит из генератора управляемого напряжением (ГУН) DD1<sub>ПФИ</sub>, триггера-распределителя импульсов DD2<sub>ПФИ</sub>, буферных

элементов DD3.1<sub>ПФИ</sub>, DD3.2<sub>ПФИ</sub>, формирователя длительности импульсов, выполненного на RC-цепях R5<sub>ПФИ</sub>C2<sub>ПФИ</sub>, R6<sub>ПФИ</sub>C3<sub>ПФИ</sub> и элементах DD3.3<sub>ПФИ</sub>, DD3.4<sub>ПФИ</sub>, выходных логических элементов DD4.1<sub>ПФИ</sub>, DD4.2<sub>ПФИ</sub> и выходных транзисторов VT2<sub>ПФИ</sub>, VT3<sub>ПФИ</sub>. ГУН DD1<sub>ПФИ</sub> выполняет функцию преобразования изменения выходного напряжения платы регулятора тока ПРТ в изменение частоты генерируемых импульсов согласно графика на Рис.1. Диапазон изменения частоты определяется напряжением на диапазонном входе (выв.14 DD1<sub>ПФИ</sub>), снимаемым с движка потенциометра R1<sub>ПФИ</sub>. Триггер-распределитель DD2<sub>ПФИ</sub> выполнен по схеме синхронного Т-триггера, делит частоту повторения импульсов с выход ГУН DD1<sub>ПФИ</sub> на 2 и совместно с формирователем длительности импульсов DD3.3<sub>ПФИ</sub>, DD3.4<sub>ПФИ</sub> предназначен для получения парафазных импульсов управления длительностью не менее 12 мкс. Буферные элементы DD3.1<sub>ПФИ</sub>, DD3.2<sub>ПФИ</sub> предназначены для обеспечения надежной работы триггера-распределителя DD2<sub>ПФИ</sub>. Выходные логические элементы DD4.1<sub>ПФИ</sub>, DD4.2<sub>ПФИ</sub> предназначены для управления подачей импульсов на выходные каскады, как описано выше.

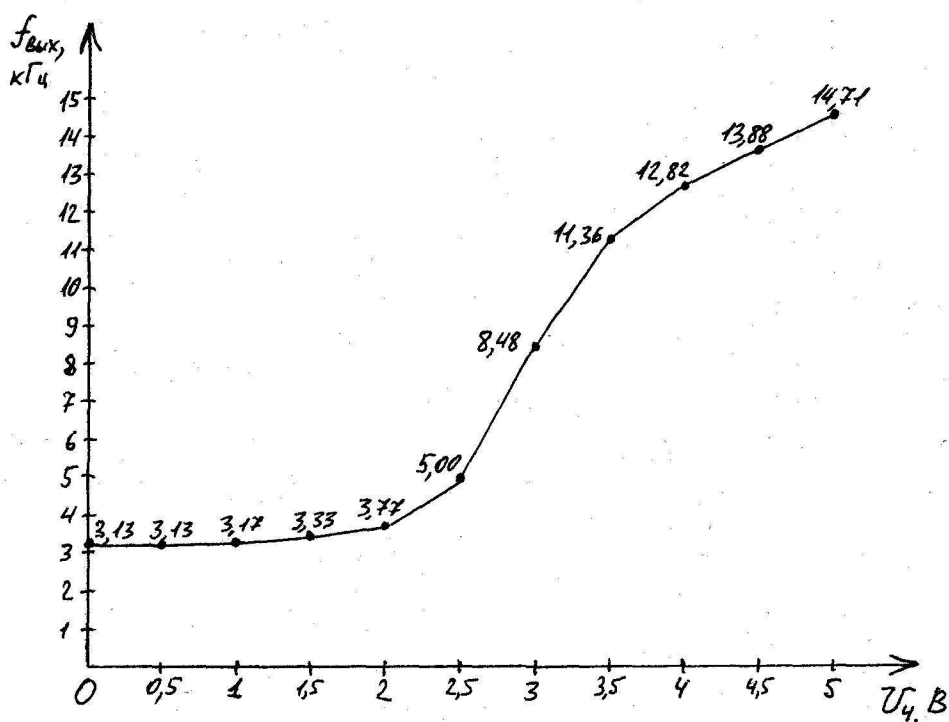


Рис.1. Зависимость частоты повторения импульсов на выходе ГУН DD1<sub>ПФИ</sub> (выв.10) от напряжения на частотном входе (выв.1, КТ-2) при напряжении на диапазонном входе (выв.14, КТ-1), равном 4,0 В и емкости конденсатора C1<sub>ПФИ</sub>, равной 0,033 мкФ.

Петля обратной связи по току нагрузки состоит из шунта RS1, масштабного усилителя сигнала обратной связи DA1<sub>ПДТ</sub>, компаратора тока нагрузки DA1<sub>ПРТ</sub> с ключом VT1<sub>ПРТ</sub>, задатчика тока R7 («Ток нагрузки») и пропорционально-интегрального регулятора тока (ПИ-регулятора) DA2<sub>ПРТ</sub>.

Масштабный усилитель сигнала обратной связи DA1<sub>ПДТ</sub> выполнен по схеме инвертирующего усилителя с коэффициентом усиления

$$K = \frac{R3_{ПДТ} + R4_{ПДТ}}{R2_{ПДТ}} = 100,$$

его выходное напряжение измеряется вольтметром PV1 («Выход ДТ»), показания  $U_{PV1}$  по шкале которого пересчитываются на ток нагрузки  $I_H$  следующим образом:

$$I_H, A = \frac{U_{PV1}, B}{100} \cdot \frac{300}{0,075} = U_{PV1}, B \cdot 40,$$

где  $300 / 0,075 = 4000 \text{ A/V}$  – коэффициент передачи шунта, 100 – коэффициент усиления масштабного усилителя.

Компаратор тока нагрузки DA1-ПРТ предназначен для отслеживания появления тока нагрузки и работает следующим образом. На холостом ходу источника ток нагрузки равен 0, соответственно, равно 0 и выходное напряжение масштабного усилителя, подаваемое на инверсный вход компаратора. На прямом входе компаратора имеется опорное напряжение около 0,44 В, определяемое делителем напряжения  $R1_{\text{ПРТ}}R2_{\text{ПРТ}}$ . Это опорное напряжение соответствует минимальному току нагрузки, равному 18 А. Пока ток нагрузки ниже этого значения, на выходе компаратора DA1<sub>ПРТ</sub> напряжение высокого уровня, транзистор VT1<sub>ПРТ</sub> открыт и выход ПРТ закорочен на общую точку. При этом согласно графика на Рис.1 частота повторения импульсов на выходе ГУН DD1<sub>ПФИ</sub> минимальна, что соответствует режиму холостого хода. При превышении током нагрузки значения 18 А (например, при зажигании дуги путем закорачивания электрода на изделие) компаратор DA1<sub>ПРТ</sub> переключается на низкий уровень, транзистор VT1<sub>ПРТ</sub> закрывается и на вход ГУН DD1<sub>ПФИ</sub> будет поступать напряжение с выхода ПИ-регулятора тока DA2<sub>ПРТ</sub>.

ПИ-регулятор тока DA2<sub>ПРТ</sub> выполнен по схеме дифференциального усилителя с коэффициентом усиления

$$K = \frac{R7_{\text{ПРТ}}}{R6_{\text{ПРТ}}} = 14,4,$$

при этом усиливаемый им сигнал будет разностью напряжения задания, снимаемого с движка 2 потенциометра R7 и поступающего на прямой вход, и напряжения обратной связи с масштабного усилителя DA1<sub>ПРТ</sub>, поступающего на инверсный вход. Пока напряжение задания выше напряжения обратной связи, выход ПИ-регулятора DA2<sub>ПРТ</sub> стремится к максимуму в положительном направлении, частота ГУН DD1<sub>ПФИ</sub> нарастает, ток нагрузки растет. В некоторый момент времени напряжение обратной связи станет выше напряжения задания, выход ПИ-регулятора DA2<sub>ПРТ</sub> начнет снижаться в отрицательном направлении, частота ГУН DD1<sub>ПФИ</sub> начнет снижаться и ток нагрузки также будет снижаться. Равенство напряжения задания и напряжения обратной связи соответствует состоянию равновесия системы регулирования, которое характеризуется определенным выходным напряжением ПИ-регулятора DA2<sub>ПРТ</sub>. В реальных условиях это напряжение будет совершать колебания, амплитуда которых определяется быстродействием системы регулирования в целом. Быстродействие ПИ-регулятора DA2<sub>ПРТ</sub> определяется постоянной времени RC-цепи  $R7_{\text{ПРТ}}C1_{\text{ПРТ}}$ . Диод VD1<sub>ПРТ</sub> защищает вход ГУН DD1<sub>ПФИ</sub> от попадания отрицательного напряжения с ПИ-регулятора DA2<sub>ПРТ</sub>, стабилитрон VD2<sub>ПРТ</sub> ограничивает выходное напряжение ПИ-регулятора DA2<sub>ПРТ</sub> на уровне 4,7 В, что является максимальным для ГУН DD1<sub>ПФИ</sub>.

Выходные каскады предназначены для усиления мощности импульсов управления и гальванической развязки цепей блока управления БУ и силовой части. Они состоят из выходных транзисторов VT2<sub>ПФИ</sub>, VT3<sub>ПФИ</sub> с базовыми цепями  $R10_{\text{ПФИ}}R9_{\text{ПФИ}}C4_{\text{ПФИ}}$ ,  $R12_{\text{ПФИ}}R11_{\text{ПФИ}}C5_{\text{ПФИ}}$  и плат выходных трансформаторов ПВТ №1, №2. Плата выходного трансформатора ПВТ состоит из выходного разделительного импульсного трансформатора T1<sub>ПВТ</sub>, защитной цепи VD1<sub>ПВТ}R3\_{\text{ПВТ}}, диода VD2<sub>ПВТ</sub> и выходного фильтра  $R4_{\text{ПВТ}}C2_{\text{ПВТ}}$ .</sub>

Тиристорный инвертор предназначен для преобразования выпрямленного сетевого напряжения в напряжение высокой частоты и выполнен по схеме последовательного резонансного инвертора с обратными диодами. Тиристоры VS1, VS2 поочередно включаются путем подачи импульсов с плат ПВТ на управляющие электроды. Для выключения тиристоров VS1, VS2 в данной схеме применен последовательный колебательный контур, состоящий из батареи коммутирующих конденсаторов C9 – C52 суммарной емкостью 6,6 мкФ, индуктивности первичной обмотки сварочного трансформатора T2 и индуктивности коммутирующего дросселя L1. Обратные диоды VD6, VD7 предназначены для рекуперации реактивной мощности из цепи колебательного

контура в цепь питания, снижая таким образом напряжение анод-катод тиристоров VS1, VS2 до 300 В. Цепи R3C53 и R4C54 предназначены для снижения скорости изменения напряжения анод-катод тиристоров VS1, VS2 до допустимой величины. Диапазон изменения частоты выходного напряжения инвертора, соответствующий изменению нагрузки от холостого хода до короткого замыкания, составляет 1,5 – 7 кГц.

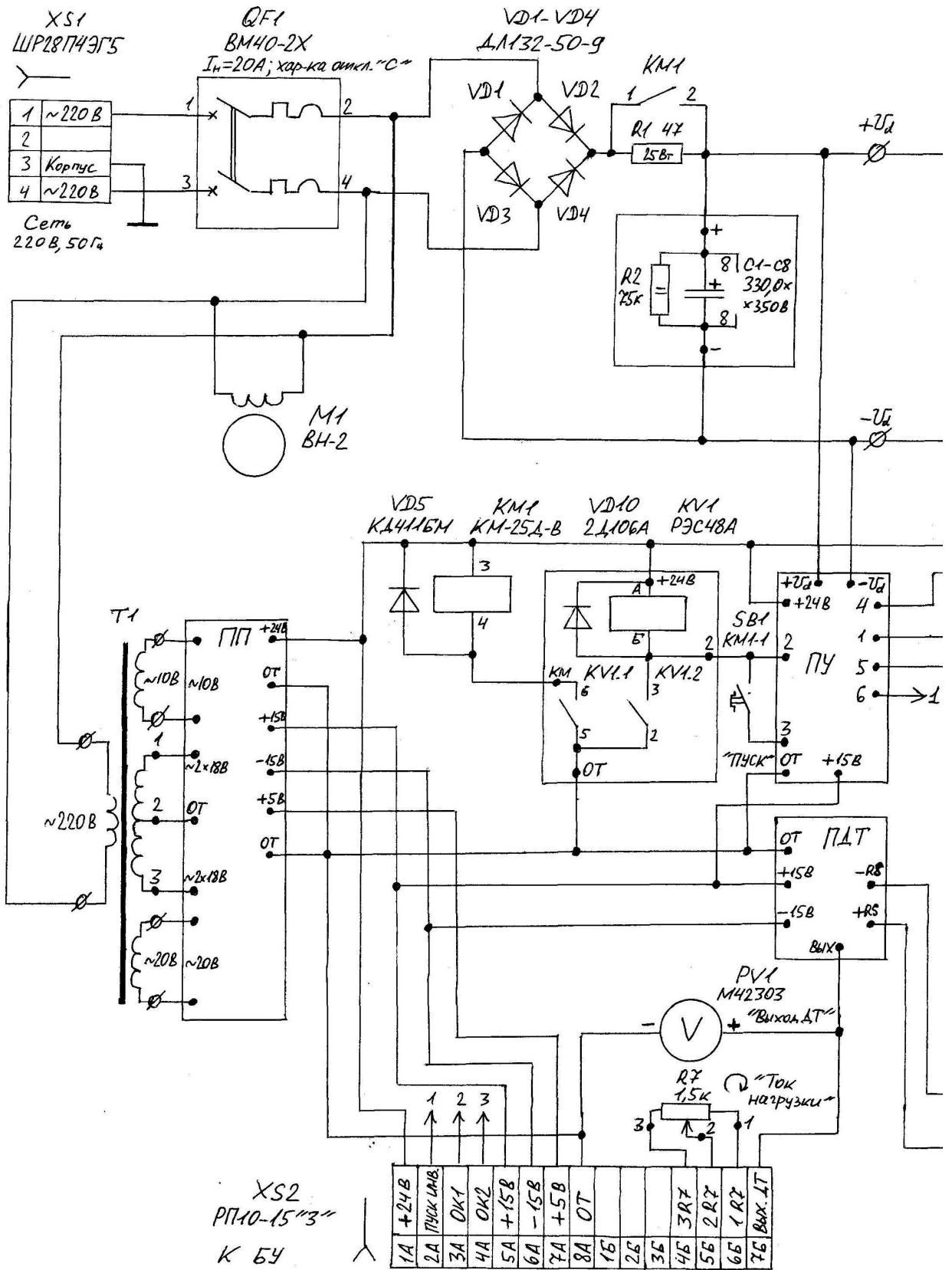
Выходной выпрямитель собран на диодах VD8, VD9 по схеме со средней точкой. Цепи R5C55 и R6C56 предназначены для снижения скорости изменения напряжения анод-катод этих диодов. Ток нагрузки сглаживается дросселем L2.

### Намоточные данные трансформаторов и дросселей

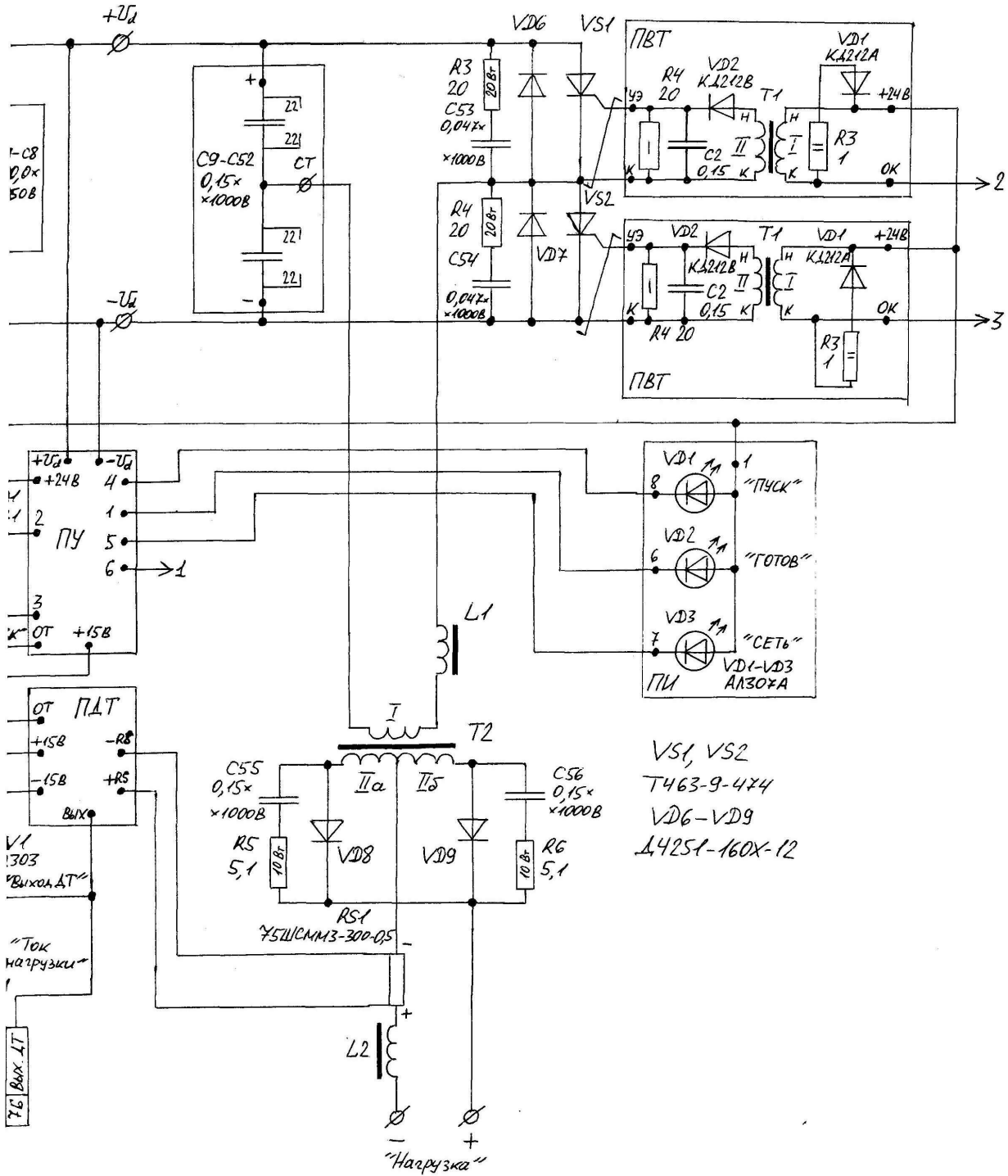
Обоз	Назначение	Сердечник	Обмотка	Число витков	Диаметр провода (медь)	Индуктивность обмотки
Силовая часть						
T1	Трансформатор питания блока управления; $P_T = 63 \text{ В} \cdot \text{А}$	ШЛ20×25	220 В  10 В 2×18 В (1-2-3) 20 В	1760  85 2×154  170	штатная обм. тр-ра ОСМ1-0,063 на 220 В 0,62 мм 0,31 мм  0,47 мм	–  – – –
T2	Сварочный трансформатор	4 кольца К100×60×10 феррит 200ВНП	I  IIа  IIб	11  6  6	8 x 1,04 мм, литцентрат. 16 x 1,04 мм, литцентрат. 16 x 1,04 мм, литцентрат.	100 мкГн ( $L_S = 11$ мкГн) 39 мкГн 39 мкГн
L1	Коммутирующий дроссель	2 кольца КП75×46×16,8 алсифер ВЧ-32Р		5	8 x 1,04 мм, литцентрат.	2,9 мкГн
L2	Сглаживающий дроссель цепи нагрузки	ПЛ20×45-85 зазор 0,25 мм		2×19 послед.	шина 6,9×2,83 мм	880 мкГн
Плата выходного трансформатора (ПВТ)						
T1	Выходной импульсный трансформатор блока управления	кольцо К28×16×9 феррит М2000НМ1	I II	28 7	0,47 мм 0,72 мм	– –

# Источник питания ИИВ.

## Схема электрическая принцип.



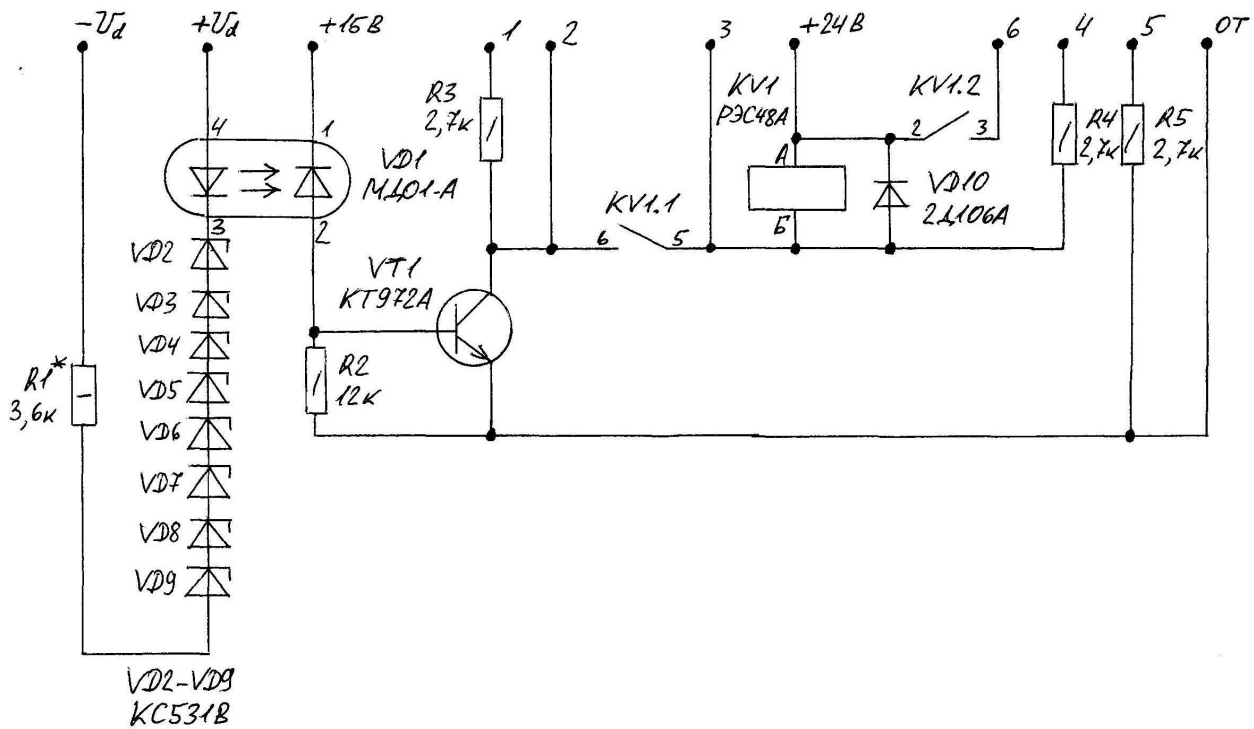
питания инверторный  
кая принципиальная



Спецификация  
к принципиальной схеме инверторного источника питания

Обозн.	Тип	Примечание
БУ	Блок управления	
ПП	Плата питания	
ПУ	Плата управления	
ПДТ	Плата датчика тока	
ПИ	Плата индикации	
QF1	ВМ40-2Х	$I_H = 20 \text{ А}$ ; хар-ка откл. вида «С»
SB1	КМ1-1	
XS1	ШР28П4ЭГ5	Разъем сетевого шнура
XS2	РП10-15«3»	Разъем БУ
M1	ВН-2	
PV1	M42303	шкала 0 – 7,5 В
KM1	КМ-25Д-В	
KV1	РЭС48А	паспорт РС4.590.201
VD1 – VD4	ДЛ132-50-9	
VD5	КД411БМ	
VD6 – VD9	ДЧ251-160Х-12	
VD10	2Д106А	
VS1, VS2	ТЧ63-9-474	
C1 – C8	К50-35Б 350 В 330 мкФ	
C9 – C52, C55, C56	К78-18 1000 В 0,15 мкФ	
C53, C54	К78-2 1000 В 0,047 мкФ	
R1	ПЭВ-25 47 Ом	
R2	МЛТ-2 75 кОм	
R3, R4	ПЭВ-20 20 Ом	
R5, R6	ПЭВ-10 5,1 Ом	
R7	ППБ-3А 1,5 кОм	
RS1	75ШСММ3-300-0,5	
T1	–	см. «Намоточные данные трансформаторов и дросселей»
T2	–	– // –
L1	–	– // –
L2	–	– // –

Источник питания инверторный  
Плата управления (ПУ)  
Схема электрическая принципиальная



Спецификация к принципиальной схеме платы управления (ПУ)

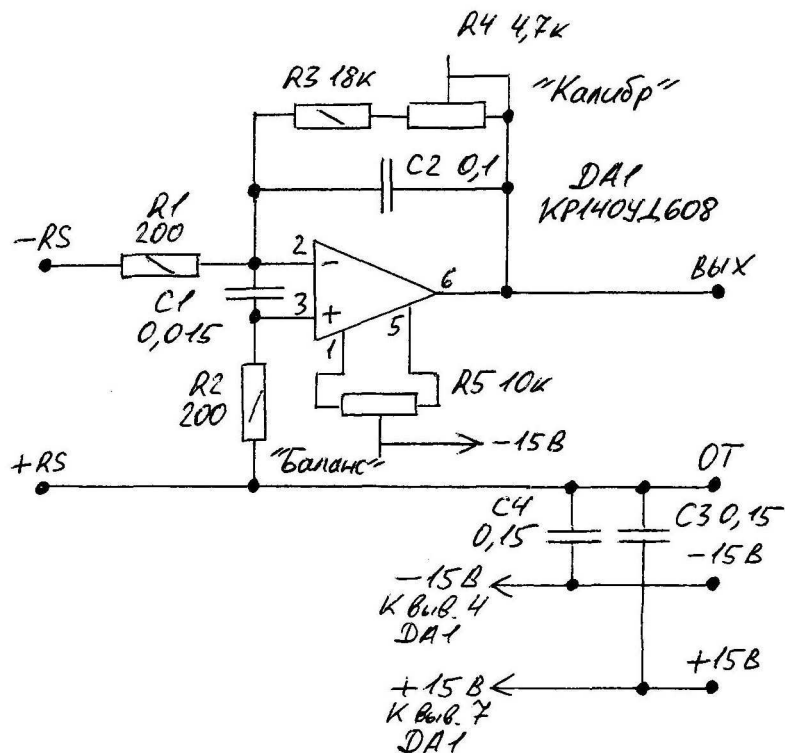
Обозн.	Тип	Примечание
VT1	КТ972А	Установлен на радиаторе с $S_{\text{охл}} = 9 \text{ см}^2$
VD1	МДО1-А	
VD2 – VD9	КС531В	
VD10	2Д106А	
KV1	РЭС48А	паспорт РС4.590.201
R1*	МЛТ-1 3,6 кОм	Подбирается для получения тока через светодиод оптронного модуля VD1, равного 11 – 12 мА
R2	МЛТ-0,25 12 кОм	
R3–R5	МЛТ-0,25 2,7 кОм	

Спецификация к принципиальной схеме платы индикации (ПИ)

Обозн.	Тип	Примечание
VD1 – VD3	АЛ307А	



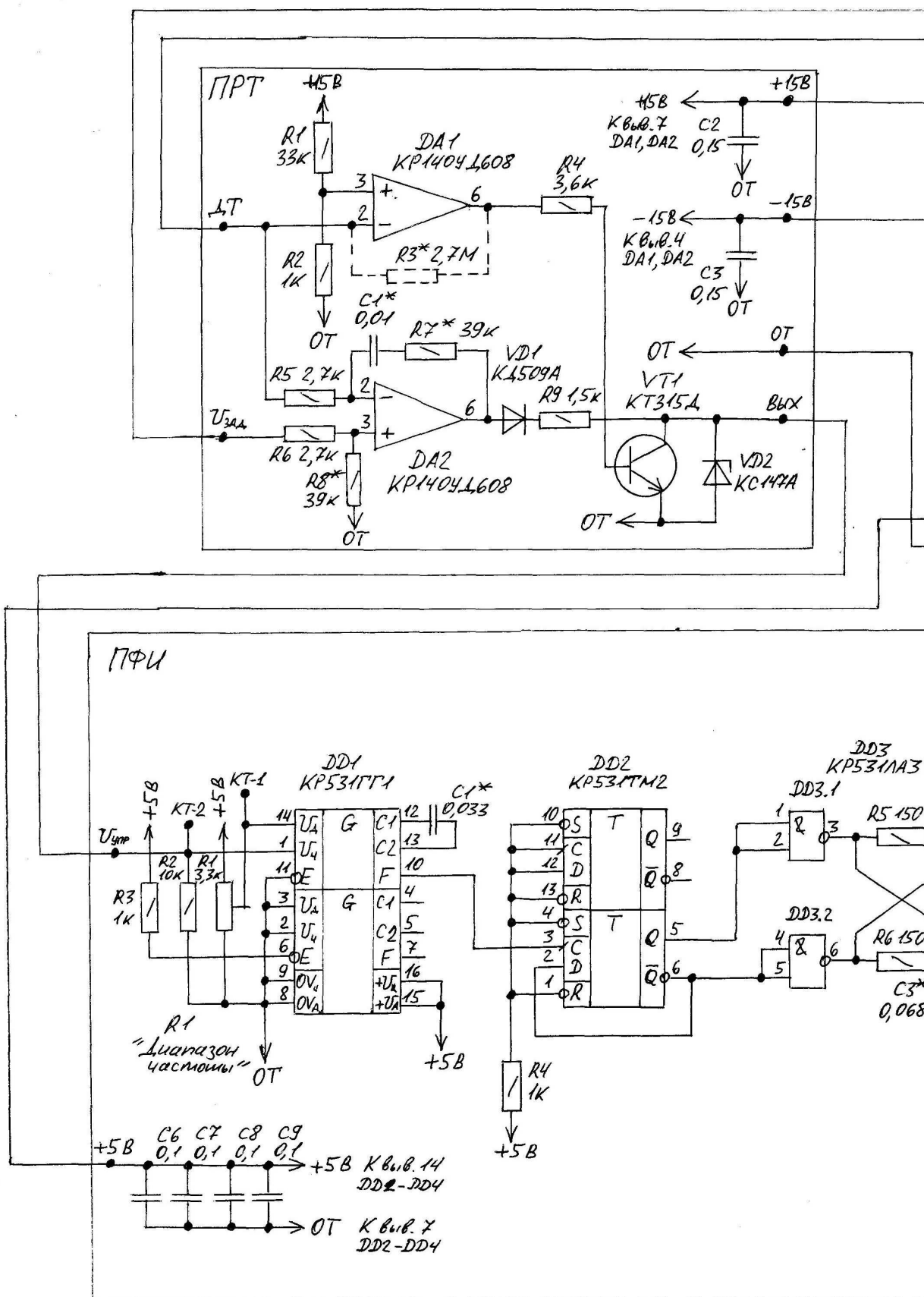
Источник питания инверторный  
 Плата датчика тока (ПДТ)  
 Схема электрическая принципиальная



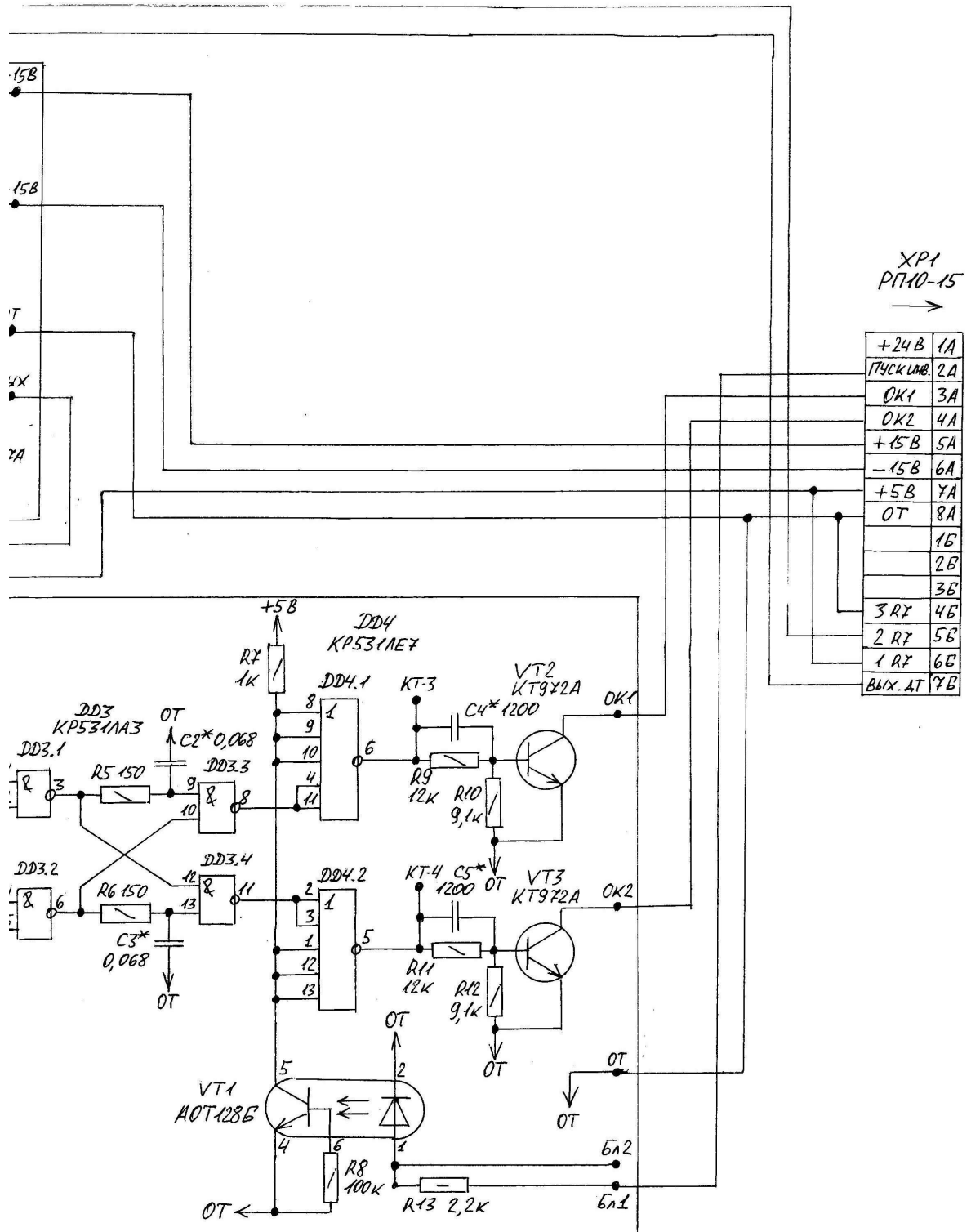
Спецификация к принципиальной схеме платы датчика тока (ПДТ)

Обозн.	Тип	Примечание
DA1	КР140УД608	
C1	КМ-3б 0,015 мкФ	
C2	КМ-5б 0,1 мкФ	
C3, C4	КМ-5б 0,15 мкФ	
R1, R2	МЛТ-0,25 200 Ом	
R3	МЛТ-0,25 18 кОм	
R4	СП4-1 4,7 кОм	
R5	СП4-1 10 кОм	

Источник питания и  
Блок управления  
Схема электрическая 1



питания инверторный  
управления (БУ)  
рическая принципиальная



ХР1  
РП10-15  
→

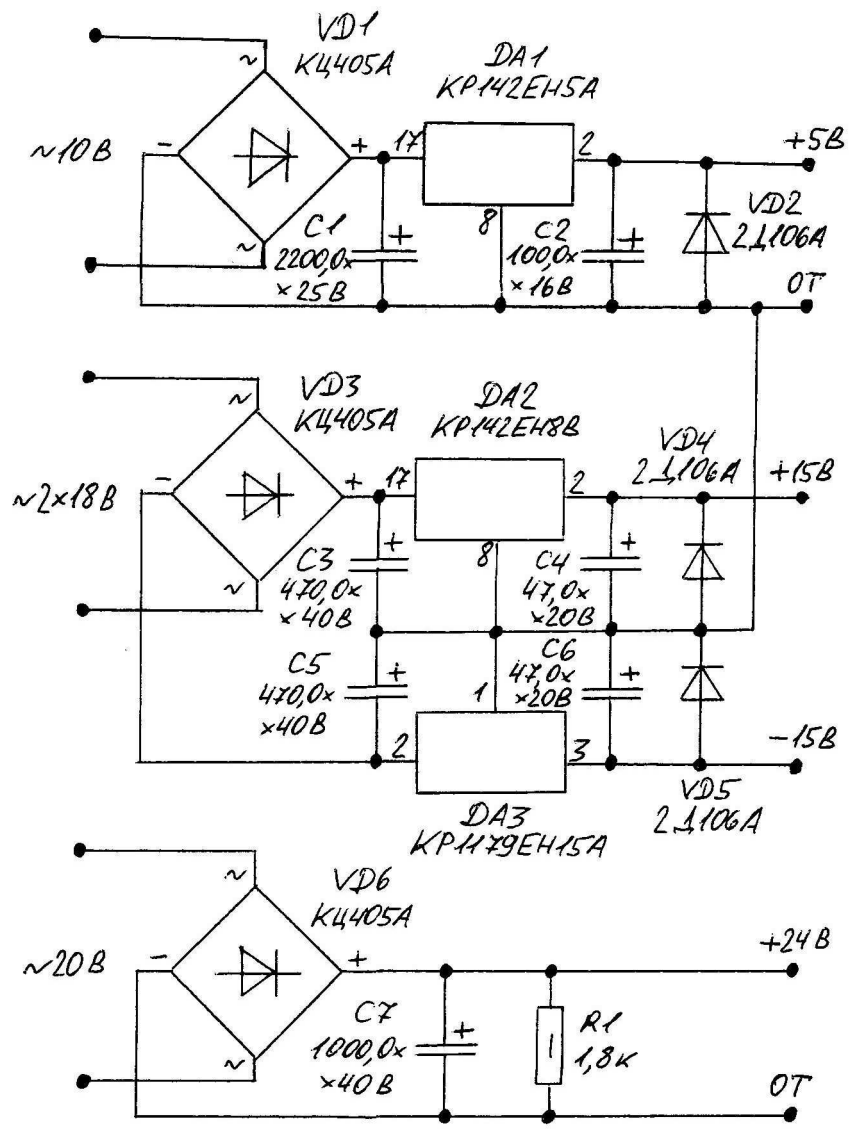
+24В	1А
ПЧУК.УМВ	2А
OK1	3А
OK2	4А
+15В	5А
-15В	6А
+5В	7А
0Т	8А
	1Б
	2Б
	3Б
3 R7	4Б
2 R7	5Б
1 R7	6Б
Б6Х.АТ	7Б

К силовой части

## Спецификация к принципиальной схеме блока управления (БУ)

Обозн.	Тип	Примечание
ХР1	РП10-15	
ПФИ	Плата формирователя импульсов	
ПРТ	Плата регулятора тока	
<u>Плата формирователя импульсов (ПФИ)</u>		
DD1	КР531ГГ1	
DD2	КР531ТМ2	
DD3	КР531ЛА3	
DD4	КР531ЛЕ7	
VT1	АОТ128Б	
VT2, VT3	КТ972А	Установлены на радиаторах с $S_{\text{охл}} = 32 \text{ см}^2$
С1*	КМ-5б 0,033 мкФ	Подбирается согласно графику частоты для DD1
С2*, С3*	КМ-5б 0,068 мкФ	Подбирается для $\tau_{\text{и}} = 12 \text{ мкс}$
С4*, С5*	КМ-5б 1200 пФ	Подбирается для получения наилучшего обострения фронтов выходных импульсов на коллекторах VT2, VT3
С6–С9	КМ-5а 0,1 мкФ	Установлены непосредственно на выводах питания DD1 – DD4
R1	СП4-1 3,3 кОм	
R2	МЛТ-0,25 10 кОм	
R3, R4, R7	МЛТ-0,25 1 кОм	
R5, R6	МЛТ-0,25 150 Ом	
R8	МЛТ-0,25 100 кОм	
R9, R11	МЛТ-0,25 12 кОм	
R10, R12	МЛТ-0,25 9,1 кОм	
R13	МЛТ-0,5 2,2 кОм	
<u>Плата регулятора тока (ПРТ)</u>		
DA1, DA2	КР140УД608	
VT1	КТ315Д	
VD1	КД509А	
VD2	КС147А	
С1*	КМ-5б 0,01 мкФ	Подбирается из условия устойчивой работы инвертора при быстром изменении нагрузки
С2, С3	КМ-5б 0,1 мкФ	
R1	МЛТ-0,25 33 кОм	
R2	МЛТ-0,25 1 кОм	
R3*	МЛТ-0,25 2,7 МОм	Устанавливается при необходимости
R4	МЛТ-0,25 3,6 кОм	
R5, R6	МЛТ-0,25 2,7 кОм	
R7*, R8*	МЛТ-0,25 39 кОм	Подбирается для получения требуемого коэффициента усиления ПИ-регулятора, при этом $R7 = R8$
R9	МЛТ-0,25 1,5 кОм	

Источник питания инверторный  
 Плата питания (ПП)  
 Схема электрическая принципиальная



### Спецификация к принципиальной схеме платы питания (ПП)

Обозн.	Тип	Примечание
DA1	КР142ЕН5А	Установлена на радиаторе с $S_{\text{ОХЛ}} = 60 \text{ см}^2$
DA2	КР142ЕН8В	Установлена на радиаторе с $S_{\text{ОХЛ}} = 13 \text{ см}^2$
DA3	КР1179ЕН15А	Установлена на радиаторе с $S_{\text{ОХЛ}} = 13 \text{ см}^2$
VD1, VD3, VD6	КЦ405А	
VD2, VD4, VD5	2Д106А	
C1	К50-35 25 В 2200 мкФ	
C2	К52-1Б 16 В 100 мкФ	
C3, C5	К50-35 40 В 470 мкФ	
C4, C6	К53-4А 20 В 47 мкФ	
C7	К50-35 40 В 1000 мкФ	
R1	МЛТ-0,5 1,8 кОм	

### Спецификация к принципиальной схеме платы выходного трансформатора (ПВТ)

Обозн.	Тип	Примечание
VD1	КД212А	
VD2	КД212В	
C2	КМ-5б 0,15 мкФ	
R3	МЛТ-2 1 Ом	
R4	МЛТ-0,5 20 Ом	
T1	–	см. «Намоточные данные трансформаторов и дросселей»