

**УСТРОЙСТВО И РАБОТА  
ИНВЕРТОРНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ  
ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ  
ВДУЧ-350МАГ**

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ**

**2005**

## **Введение**

Настоящее техническое описание содержит сведения об инверторном выпрямителе для дуговой сварки на быстрых тиристорах ВДУЧ-350МАГ

**В** – выпрямитель

**Д** – дуговой

**У** – универсальный

**Ч** – частотный.

Инверторный выпрямитель ВДУЧ-350МАГ, разработан коллективом специалистов НТ СКБ “ПОЛИСВИТ” и серийно выпускается с 2003 года ГНПП “Объединение Коммунар”, которое производит инверторные выпрямители типа ВДУЧ с 1989 года.

ВДУЧ-350МАГ предназначен для эксплуатации на промышленных предприятиях и в монтажных условиях для высокопроизводительной высококачественной сварки металлов на постоянном токе, преимущественно по технологиям полуавтоматической сварки проволокой в газовых средах и ручной сварки штучными покрытыми электродами разных типов, а также может использоваться для сварки неплавящимся электродом высоколегированных (нержавеющих) сталей в среде аргона.

## **Список сокращений**

**ВАХ** – выходная вольт-амперная характеристика ВДУЧ

**МАГ** – полуавтоматическая дуговая сварка проволокой в среде углекислого (активного) газа и смесей

**ММА** – ручная дуговая сварка покрытыми электродами

**ТИГ** – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде аргона (инертного газа)

**ХХ** – холостой ход

**КЗ** – короткое замыкание

**ПА** – полуавтомат

**РИ** – резонансный инвертор

**ОУ** – операционный усилитель

**ПКИ** – покупные комплектующие изделия

**БУ** – блок управления

## 1 Принцип работы выпрямителя ВДУЧ-350МАГ

Принцип работы инверторного выпрямителя ВДУЧ-350МАГ иллюстрируется схемой преобразования электрической энергии, приведенной на рисунке 1.

Электрическая энергия преобразуется в 3 этапа :

**I этап** – преобразование переменного сетевого напряжения  $\sim 380\text{В}$ , 50Гц, 3ф в постоянное 540В, т.е. выпрямление и фильтрация;

**II этап** – преобразование постоянного напряжения 540В в переменное напряжение повышенной частоты резонансным инвертором;

**III этап** – трансформация переменного напряжения повышенной частоты с гальваническим разделением от сети и преобразование в постоянное напряжение сварочного тока (выпрямление во 2-й раз).

Такой процесс преобразования электрической энергии характерен для всех выпрямителей инверторного класса.

## 2 Описание работы и схемы ВДУЧ-350МАГ

Структурная схема ВДУЧ-350МАГ приведена на рисунке 2, а электрическая в приложении 1 на 6-ти листах (далее позиционные обозначения ПКИ на электрической схеме будут приведены в скобках с указанием номера листа схемы).

Напряжение промышленной сети  $\sim 380\text{В}$ , 50Гц, 3ф через автоматический выключатель ВА (XP1, QF1, л. 1-1) и фильтр радиопомех **ФРП** (C7...C10, C30, C31...C33, R1... R3, л. 1-1) поступает на входной выпрямитель Ларионова **ВхВЛ** (VD1...VD6, см. лист 1), выпрямляется в постоянное напряжение 540В ограничивается от пиковых помех варисторами (R43, R44, л. 1-1) и фильтруется фильтром **LC-Ф** (L1/1-2, VD14, C11 л. 1-1). Диод (VD14 л. 1-1) шунтирует обмотку дросселя для устранения выброса напряжения на емкости (C11, C12 л. 1-1) фильтра в переходных режимах (включение, бросок напряжения в сети и др.)

С выхода **LC-Ф** напряжение 540В поступает на полумостовой резонансный инвертор **ПИ** (C13...C16, L2...L4, TV1, VS1, VS2, VD8, VD9, л. 1-1).

**ПИ** преобразует постоянное напряжение 540В в переменное повышенной частоты (до 5кГц).

Конденсаторы (C13...C16 л. 1-2), индуктивность входных обмоток **TVсвар** (TV1/1-2, 8-7, л. 1-5) и дросселя (L4/1-2, л. 1-5) образуют последовательный резонансный контур, частота которого зависит также и от величины сварочного тока.

Последовательно с тиристорами (VS1, VS2, л.1-5) включены “коммутационные” дроссели (L2, L3, л.1-5), которые обеспечивают требуемую скорость изменения тока тиристоров ( $dI/dt$ ). Параллельно тиристорам включены “снабберные” **RC**-цепи (R7...R18, R35...R42, C20, C21, л.1-5), которые обеспечивают требуемую скорость изменения напряжения на тиристорах ( $dU/dt$ ). Резисторы (R5, R6, R45, л.1-5) предназначены для разряда конденсаторов (C11, C13...C16, C20, C21, л.1-5) при выключении питания.

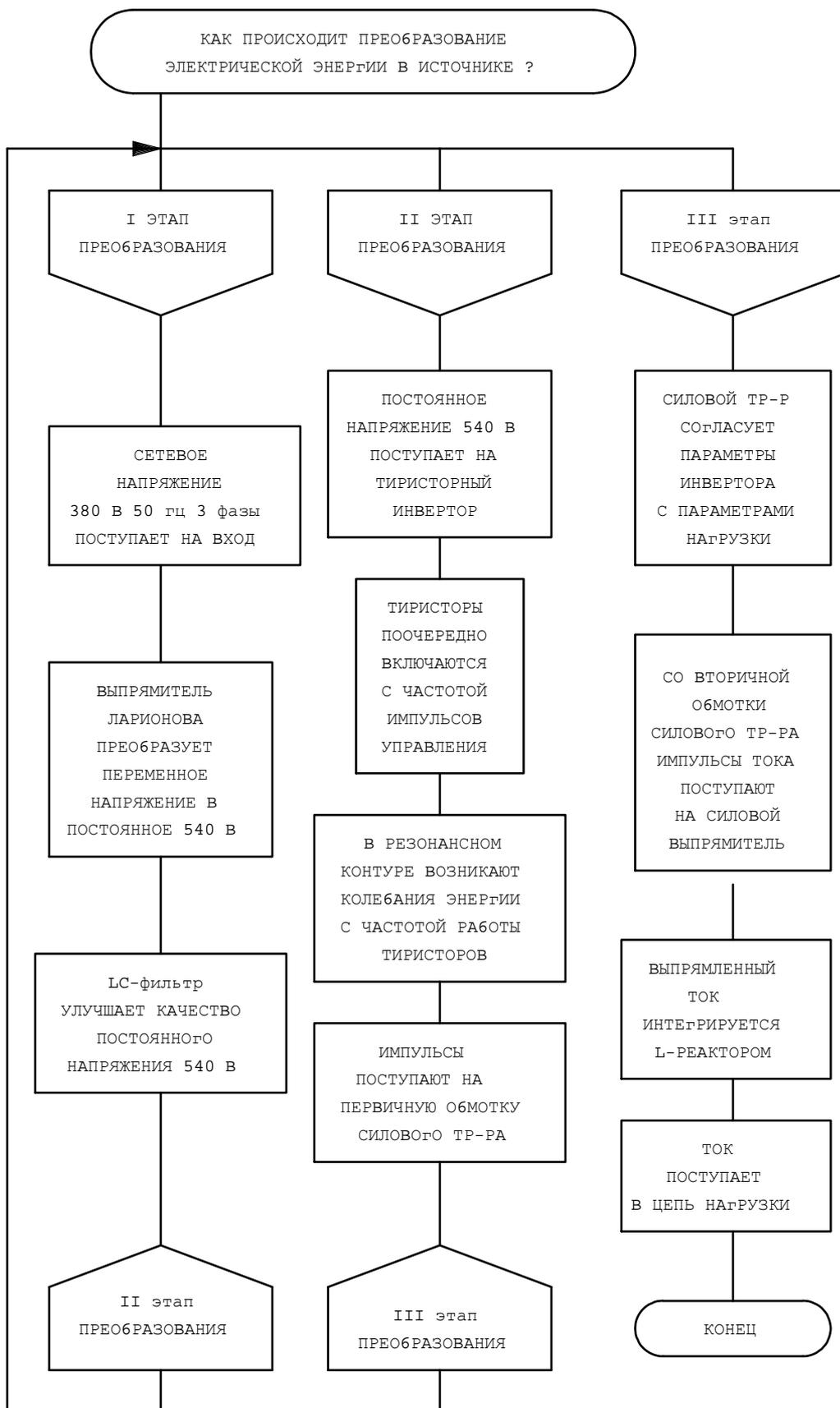


РИС.1 СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.

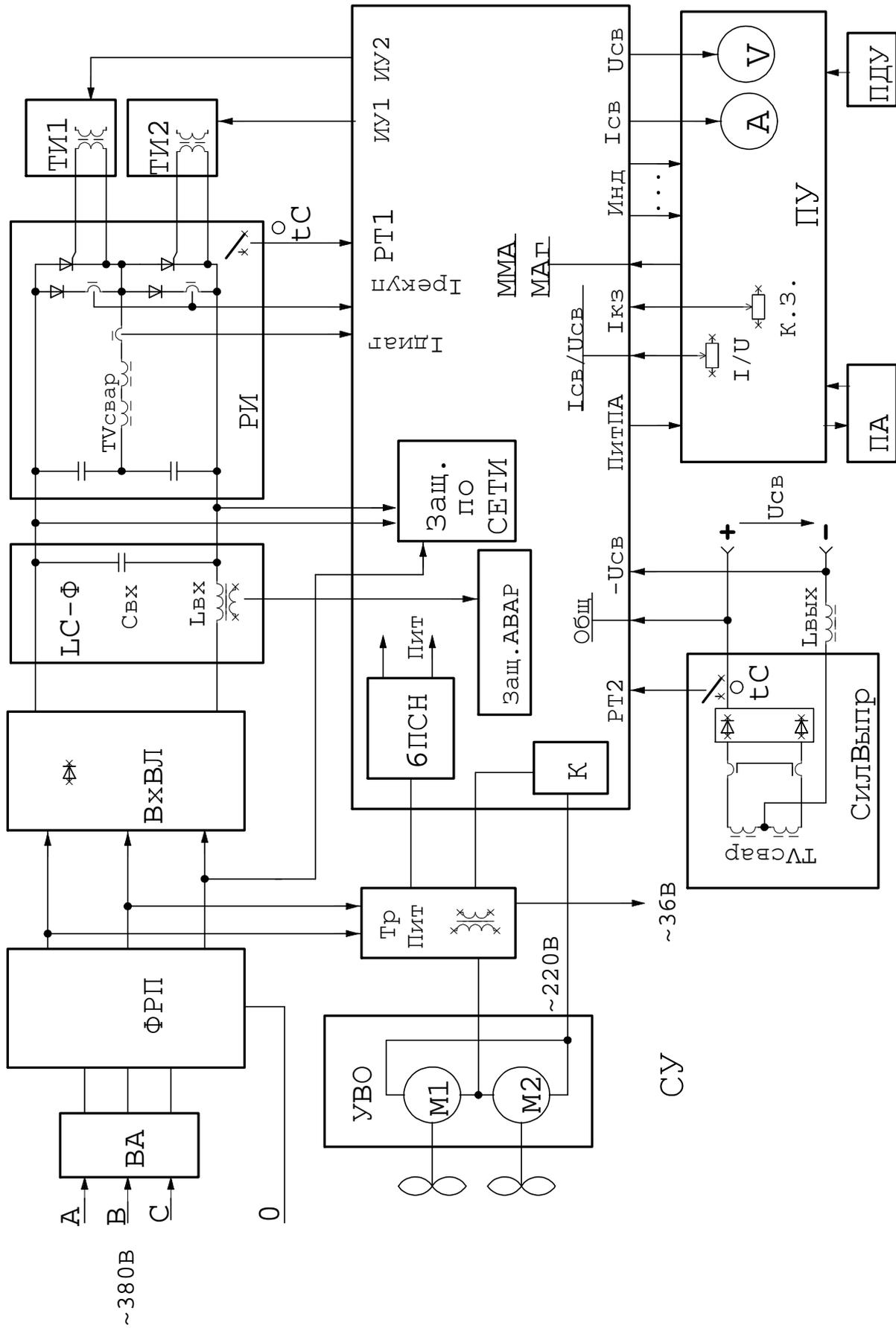


Рис. 2 Структурная схема ВДУЧ-350МАТ

Управление тиристорами **РИ** осуществляется через импульсные трансформаторы **ТИ1**, **ТИ2** (TV4, TV5, л.1-5). Параллельно переходам "катод-управляющий электрод" включены помехозащитные **РС**-цепи (R19, R20, C22, C23, л.1-5).

Сварочный трансформатор **ТВсвар** (TV1/1-2, 8-7, л.1-5), включенный в диагональ **РИ**, обеспечивает гальваническую развязку и согласование выхода **РИ** с низкоомной вторичной цепью сварочного тока.

Напряжение вторичной обмотки **ТВсвар** (TV1/3-4, 5-6, 9-10, 11-12, л.1-5) поступает на силовой выпрямитель **Сил.Выпр.** (UZ1, л.1-5), который построен по классической схеме двухполупериодного выпрямителя со средней точкой.

Параллельно диодам выпрямителя (UZ1, л.1-5) подключены помехоподавляющие **РС**-цепи (R24...R33, C24, C25, л.1-5). Выход **Сил.Выпр.** подключен к силовой выходной клемме "+" (XS1, л.1-5), а средняя точка обмоток **ТВсвар** (клеммы Э10, Э15 л.1-5) через выходной реактор **Лвых** (L5/1-2, 3-4, л.1-5) подключена к силовой выходной клемме "-" (XS2, л.1-5). Выходные клеммы зашунтированы помехоподавляющими конденсаторами (C27...C29, л.1-5) и нагрузочным резистором (R34, л.1-5).

Система управления **СУ** осуществляет управление, контроль и защиту силовой части ВДУЧ-350МАГ.

Для стабилизации сварочного тока в **СУ** поступает сигнал от трансформаторов тока (ТА3, ТА4, л.1-5), для стабилизации сварочного напряжения – сигнал с выходных клемм "+" и "-" (ХР4/1,2, л.1-5).

Для защиты силовой части от аварийных режимов в **СУ** поступают сигналы:

- от датчика аварийной перегрузки **ЗащАвар** (L1/4-5, л.1-1);
- от датчика по сети **Защ.по сети** (R46...R48, R50, л.1-1);
- от датчика тока диагонали **Идиаг РИ** (ТА5/1-2, л.1-5);
- от датчиков перехода тока диагонали **РИ** через "0" **Ирекуп** (ТА1/1-2, ТА2/1-2 л.1-5);
- от реле тепловых, установленных на тиристоре **РИ** (VS2, SK2, л.1-5) и диодах **ВыхВыпр** (UZ1, SK1, л.1-5).

Панель управления **ПУ** обеспечивает:

**1.** Выбор **ВАХ** (жесткой для МАГ-сварки, падающей для ММА-сварки, крутопадающей для ТИГ-сварки).

Для выбора МАГ-сварки используется кодовая переключатель, которая подключается из кабеля управления к контактам разъема "**ПА**" (XS4/2-XS4/6, л.1-6). Таким образом, если кабель управления от **ПА** подключен к разъему "**ПА**", то автоматически выбирается жесткая **ВАХ**, при этом на **ПУ** загорается светодиод (HL5 "Е", л.1-6).

Если к разъему "**ПА**" кабель не подключается, то автоматически выбирается падающая **ВАХ**, при этом на **ПУ** загорается светодиод (HL4 " ", л.1-6).

Наклон падающей **ВАХ** регулируется регулятором "**КЗ**" (RP2, л.1-6) от крутопадающей до пологопадающей (фактически регулируется ток К.З).

**2.** Задание величины сварочного напряжения для жестких **ВАХ** или сварочного тока для падающих **ВАХ** производится регулятором "**В/А**" (RP1, л.1-6).

**3.** Индикацию включения питания светодиодом “Вкл”, (HL1 л.1-6), готовности выпрямителя к работе светодиодом “ $\text{⏻}$ ” (HL2, л.1-6) и включения тепловой защиты светодиодом “ $t^{\circ}\text{C}$ ” (HL3 л.1-6).

Если напряжение сети ~380В не соответствует НОРМЕ, например, отсутствует одна из фаз, то светодиоды **ВКЛ** и “ $\text{⏻}$ ” мигают, сигнализируя о неготовности к работе.

Если сработала аварийная защита, то на время 3-5с светодиод “ $\text{⏻}$ ” из постоянного свечения переходит в мигающий режим, а затем снова загорается постоянно, сигнализируя о готовности к работе.

Если сварочная цепь закорочена постоянно, то в режиме ММА светодиод “ $\text{⏻}$ ” мигает все время, а в режиме МАГ начинает мигать через 2-3с после нажатия кнопки на горелке.

**4.** Измерение текущего среднего значения сварочного тока или сварочного напряжения стрелочной измерительной головкой (РА1, “В/А”, л.1-6). Измеряемый ток проходит через резисторы (R56, R60, л.1-6), а измеряемое напряжение – через резисторы (R59, R61, л.1-6), при этом подключается ограничитель тока через измерительную головку, выполненный на элементах (VT1, R57, R58, VD12, VD13, л.1-6).

**5.** Подключение к разъему “ДУ” (XS3, л.1-6) пульта дистанционного управления ПДУ для регулирования сварочного напряжения или сварочного тока.

**6.** Подключение к разъему “ПА” (XS4, л.1-6) цепей питания и управления полуавтомата, в том числе и регулирование сварочного напряжения, если на ПА такой регулятор предусмотрен.

Для питания собственных нужд ВДУЧ-350МАГ используется система трансформаторов **ТрПит**.

Силовой трансформатор включается первичной обмоткой (TV6/1-3, л.1-1) в линейное напряжение ~380В между фазами А и В через предохранитель (F2, л.1-6).

Вторичная обмотка (TV6/7-8, л.1-4), напряжением ~36В используется для питания подогревателя газа с током потребления не более 2А, Для подключения предусмотрена розетка (XS5/1-2, “~36В, 50Гц, 2А”, “ПОДОГРЕВ ГАЗА”, л.1-6).

Остальные обмотки предназначены для использования опционно в разных модификациях.

Вспомогательный трансформатор включается первичной обмоткой (TV3/1-2, л.1-4) в ~220В и обеспечивает питание СУ двумя гальванически развязанными напряжениями ~(18-19)В (TV3/3-4,5-6, л.1-4), от которых питается блок питания собственных нужд **БПСН**.

Питание вентиляторов устройства воздушного охлаждения **УВО** осуществляется напряжением ~220В причем включение вентиляторов производится через ключ, которым управляет СУ по условиям:

- начало сварки – вентиляторы включены;
- конец сварки - вентиляторы выключаются через 1-1,5мин;
- тепловой перегрев - вентиляторы включены постоянно.

В последних модификациях ВДУЧ-350МАГ (начиная с выпуска III кв. 2005 года) система питания обеспечивает работоспособность ВДУЧ без подключения нулевого провода, при этом питание трансформатора TV3 и вентиляторов напряжением ~220В осуществляется от TV6 по автотрансформаторной схеме.

В связи с постоянным совершенствованием ВДУЧ-350МАГ по улучшению эксплуатационных характеристик на листах 1-1, 1-2, 1-3 приложения 1 показаны варианты схемы электрической со следующими отличиями:

### **1. Лист 1-1.**

Питание ВДУЧ-350МАГ по четырехпроводной схеме (с “0” проводом).

Блок управления ИЯЕВ.468364.014, в котором контроль амплитуды сетевого напряжения производится относительно “0” (XP14/4, разъем XP14 – четырехконтактный).

В фазах А и В установлены предохранители (F1, F2).

### **2. Лист 1-2**

Питание ВДУЧ-350МАГ по четырехпроводной схеме (с “0” проводом).

Блок управления ИЯЕВ.468364.014 с изменением 80.108-04, в котором контроль амплитуды сетевого напряжения производится относительно “0” (XP14/2, разъем XP14 – трехконтактный).

Введена аварийная защита (L1/4-5, A1-XS15).

### **3. Лист 1-3**

Питание ВДУЧ-350МАГ по трехпроводной схеме (без “0” проводом).

Блок управления ИЯЕВ.468364.020.

Контроль амплитуды сетевого напряжения производится относительно виртуального “0”, образованного делителем (R46...R48, R51...R53).

Имеется аварийная защита (L1/4-5, A1-XS15).

Введен парафазный дроссель (L6) для блокирования внешних импульсных помех, варисторы (R43, R44, R64) включены по схеме “звезда” непосредственно за дросселем (L6).

Предохранители (F1, F2) исключены.

На **листе 1-4** показана схема распределения напряжения ~220В.

Напряжение ~220В через предохранитель (F4, 1А) и разъем (A1-XS13) поступает в **БУ**, где распределяется на разъем (XP12, A1-XS12) для подключения трансформатора (TV3) питания собственных нужд прибора.

Через гибридный ключ переменного тока (VS01, VS1) ~220В коммутируется на разъемы (XP10, A1-XS10, XP11, A1-XS11), к которым подключены вентиляторы (M1, M2). Конденсаторы (C64, C65 и C68, C69) сдвигают фазу напряжения на третий вход вентиляторов.

Вторые обмотки (TV3/3-4, TV3/5-6) с напряжением ~18В используются в **БУ** для питания:

~18В-С – для системы управления;

~ 18В-И – для питания внешних (интерфейсных) цепей связи с **ПА**.

### 3 Описание СУ ВДУЧ-350МАГ

#### 3.1 Принцип работы СУ

Принцип работы СУ для формирования падающих ВАХ поясняется структурно-функциональной схемой на рисунке 3, в которой представлены следующие узлы:

- устройство сравнения “А” заданных параметров и текущего значения сварочного тока;
- преобразователь “U→F” напряжения в частоту импульсов;
- устройство управления и защиты УУЗ;
- РИ, ТВсвар, Сил.Выпр., Лвых – элементы силовой части ВДУЧ-350МАГ.

Шина “Общ” СУ, относительно которой производится сравнение аналоговых сигналов, соединена с выходной клеммой “+Uсв”.

На устройство “А” поступают аналоговые сигналы минимального тока сварки *Iсв.мин* и заданного значения тока сварки *Iсв.задан*.

В штатном режиме при замыкании сварочной цепи (касании электродом свариваемого изделия) УУЗ автоматически формирует команду ПУСК, разрешая преобразователю “U→F” выдавать импульсы ИУ1, ИУ2 на тиристоры РИ, в результате чего появляется сварочный ток, а если сварочная цепь обрывается – то напряжение поджига. Сварочный ток – *Iсв.ос* поступает от трансформатора тока ТА на устройство сравнения “А”, вырабатывающее *Uупр1*.

Частота импульсов ИУ1, ИУ2 повышается до тех пор пока не установится равенство

$$I_{св.мин} + I_{св.задан} = I_{св.ос}$$

При установлении равенства замыкается отрицательная обратная связь по току и наступает процесс стабилизации *Iсв* на заданном уровне, обеспечивающий крутопадающие ВАХ.

Если напряжение *Uсв* понижается до 17-20В, то формирователь К.З. в зависимости от заданного значения *Iк.з.* выдает в устройство “А” дополнительный (регулируемый с панели регулятором К.З.) ток *Iсв.к.з.*, обеспечивая падающие ВАХ.

Команда ПУСК РИ выдается до тех пор, пока течет сварочный ток. При обрыве дуги УУЗ снимает команду ПУСК РИ с задержкой 1,5-2с, обеспечивая на это время рабочее напряжение холостого хода (60-80)В для повторного поджига дуги.

При нештатных ситуациях УУЗ блокирует выдачу команды ПУСК и сварочный ток прекращается.



Работа на жестких ВАХ проводится при МАГ-сварке (МИГ-сварке), где обязательным является подключение цепей полуавтомата к разъему “ПА”. Факт подключения используется для выдачи команды МАГ в УУЗ, что приводит к замыканию обратной связи по напряжению в соответствии со структурно-функциональной схемой на рисунке 4.

Далее работа происходит следующим образом.

На устройство сравнения “U” поступают аналоговые сигналы минимального напряжения сварки *U<sub>св.мин</sub>* и заданного значения напряжения сварки +*U<sub>св.задан</sub>*.

В штатном режиме по команде ПУСК от ПА УУЗ формирует команду ПУСК РИ, разрешая преобразователю “U→F” выдавать импульсы ИУ1, ИУ2 на тиристоры РИ, в результате чего появляется выходное напряжение *U<sub>св</sub>*, которое также поступает на устройство сравнения “U”, вырабатывающее напряжение управления *U<sub>упр</sub>*.

Частота импульсов ИУ1, ИУ2 повышается до тех пор пока не установится равенство

$$U_{св.мин} + U_{св.задан} = U_{св.ос.}$$

При установлении равенства замыкается отрицательная обратная связь по напряжению и наступает процесс стабилизации *U<sub>св</sub>* на заданном уровне, обеспечивающий жесткие ВАХ.

По окончании команды ПУСК УУЗ снимает команду ПУСК РИ с задержкой 1,5-2с.

Для устойчивой работы РИ в преобразователь “U→F” поступают импульсы *I<sub>рекуп</sub>* перехода тока диагонали РИ из тиристора в рекуперационный диод и аналоговый сигнал *I<sub>диаг</sub>*, позволяющий ограничить максимальный сварочный ток при коротком замыкании.

Если возникают нештатные ситуации УУЗ блокирует выдачу команды ПУСК РИ и сварочный ток прекращается.

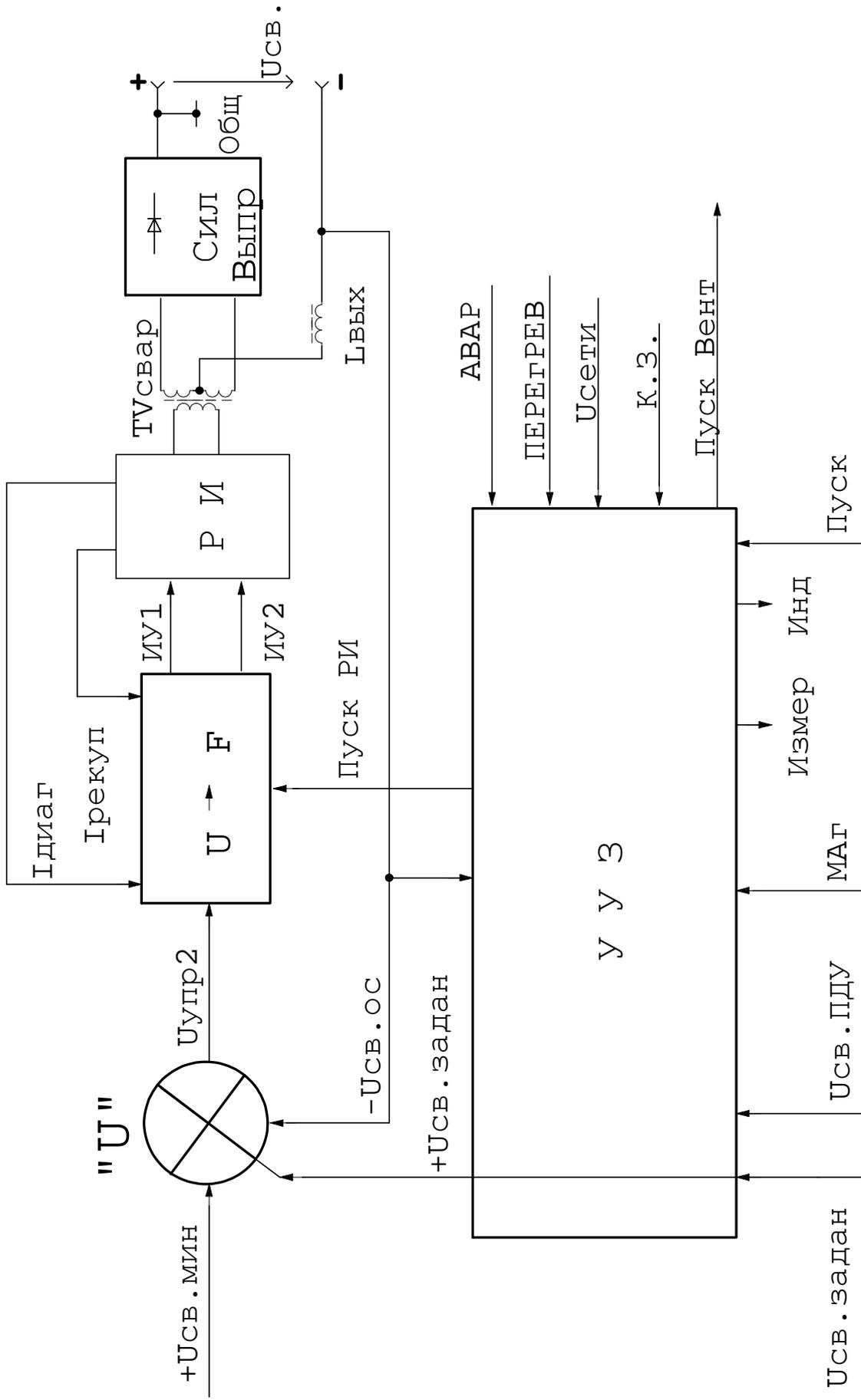


Рис. 4 Структурно-функциональная схема для формирования жестких ВАХ

### 3.2 Описание каналов обратной связи по напряжению и току

Принцип работы обратных связей ОС изложен в разделе 3.1.

Структурная схема каналов ОС приведена на рисунке 5, а электрическая – в приложении 2 на листе 2-3 (далее позиционные обозначения ПКИ на электрической схеме будут приведены в скобках).

В связи с незначительными схемными отличиями между вариантами БУ ИЯЕВ.468364.014 и ИЯЕВ.468364.020 описание СУ будет дано по варианту .020

Канал ОС по току построен на усилителе сигнала рассогласования  $УОС_I$  (DA8) с элементами, выполняющими следующие функции:

- диод (VD40) ограничивает выходной сигнал отрицательного уровня  $U_{упрI}$   $-(0,5-0,7)В$ ;
- делитель (R119, R122, R123) с диодом (VD39) ограничивают выходной сигнал положительного  $U_{упрI}$  уровня до  $+(4,7-5,3)В$ ;
- резистор (R121) определяет коэффициент усиления  $УОС_I$ ;
- цепь (С36, R120) определяет частотную характеристику  $УОС_I$ .

Задание величины  $I_{св}$  производится:

- параметрическим узлом  $+I_{св.мин.}$  с делителем на резисторах (R103, R110) и токозадающим резистором (R111), который подключен в общую суммирующую точку  $УОС_I$  (DA8/2);

- потенциометром “ $I/U$ ” с панели управления выпрямителя - напряжение с вывода движка потенциометра “ $I/U$ ” поступает в узел  $U_{задан}$ , а с его выхода (DA12/6) через токозадающие резисторы (R102, R109) поступает в общую суммирующую точку  $УОС_I$  (DA8/2).

Сигнал отрицательной полярности величиной  $-(0-7,5)В$  с движка потенциометра “ $I/U$ ” поступает на вход узла  $U_{задан}$ , выполненного на операционном усилителе  $ОУ$  (DA12), через резистор (R196). На выходе  $ОУ$  (DA12/6) формируется сигнал  $U_{задан}$  положительной полярности величиной  $+(0-3,75)В$ , причем его величина ограничивается делителем из резисторов (R168...R170) и диодом (VD77). Резистор (R166) определяет коэффициент передачи  $ОУ$  (DA12), а конденсатор (С57) блокирует помехи и наводки.

Узел, выполненный на транзисторе (VT13), формирует время спада  $U_{задан}$  (DA12/6) после снятия команды ПУСК при МАГ-сварке. Скорость уменьшения  $U_{задан}$  определяется конденсатором (С41).

При ММА-сварке формирование падающих ВАХ обеспечивает узел  $+I_{к.з.}$ , а величина  $I_{к.з.}$  задается потенциометром “ $К.З.$ ”, с панели управления выпрямителя.

Узел  $+I_{к.з.}$  содержит:

- делитель напряжения  $U_{св}$  на резисторах (VD8, VD106);
- цепь коррекции (R107, VD35) величины  $+I_{к.з.}$ , в зависимости от величины  $+I_{св.задан}$  (положение потенциометра “ $I/U$ ”);
- согласующий каскад на  $ОУ$  (DA10), защищенный от больших отрицательных сигналов диодом (VD14), а от помех – конденсатором (С34), к выходу (DA10/6) которого подключается один вывод потенциометра “ $К.З.$ ”;
- вывод движка потенциометра “ $К.З.$ ” через RC-фильтр (R117, С42) и резистор (R108) задания тока  $+I_{к.з.}$  подключается к суммирующей точке  $УОС_I$  (DA8/2).

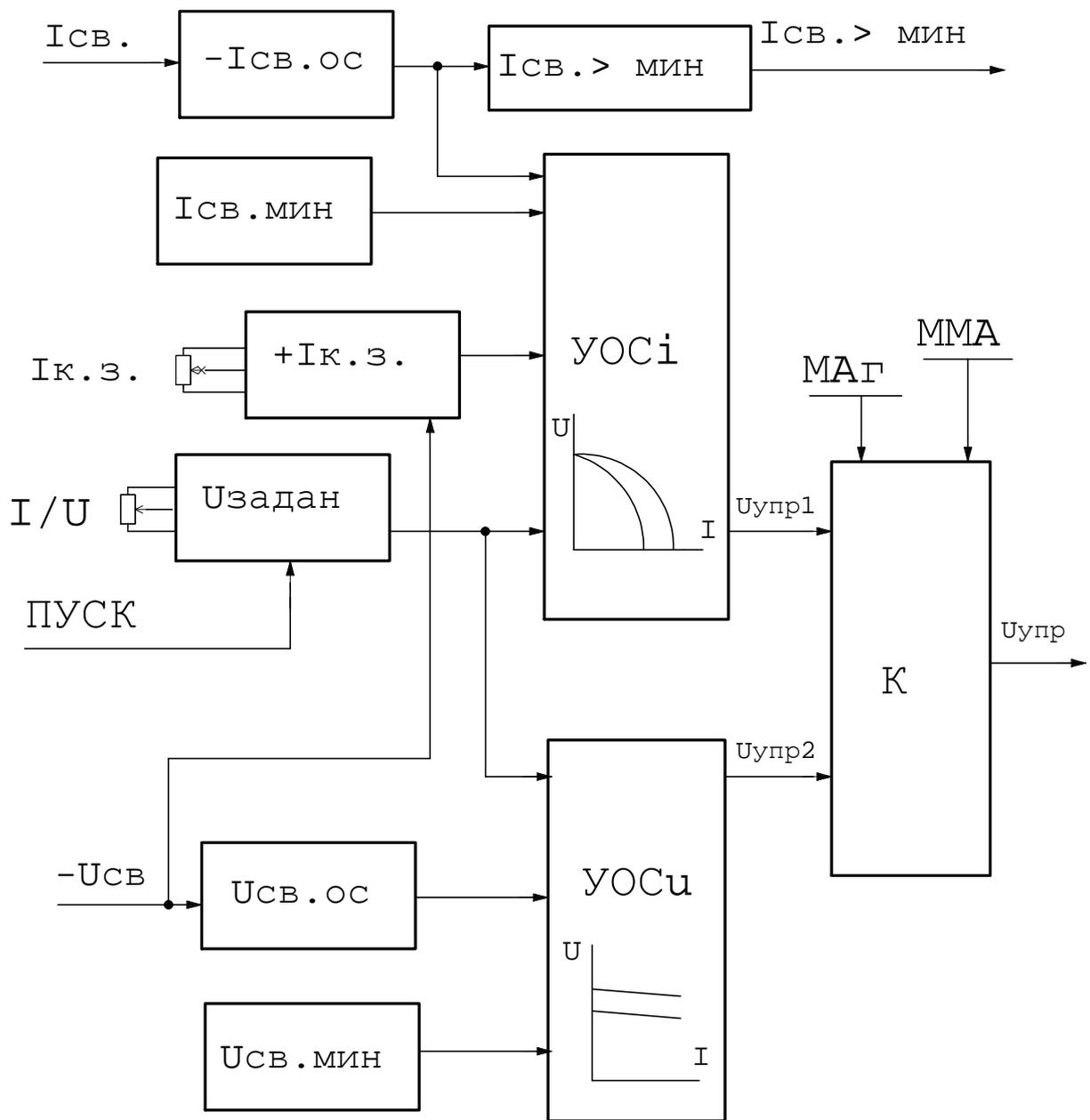


Рис.5 Структурная схема каналов ОС.

Сигнал обратной связи по току формируется узлом **-I<sub>св.ос</sub>**, на вход которого сигнал, пропорциональный **I<sub>св</sub>**, поступает от токовых трансформаторов силовой части.

Узел **-I<sub>св.ос</sub>** содержит:

- выпрямительный мост на диодах (VD9...VD12);
- резисторы (R31, R32), падение напряжения на которых пропорционально **I<sub>св</sub>**;
- конденсаторы (C18, C33) фильтрации **I<sub>св</sub>**;
- амплитудный детектор на ОУ (DA13), диоде (VD84), конденсаторе (C70);
- делитель коррекции нелинейности на резисторах (R115, R116) и диоде (VD36);
- токозадающие резисторы (R104, R112, R113).

Схема поясняющая процесс суммирования втекающих токов **I<sub>св.мин</sub>**, **I<sub>к.з.</sub>**, **I<sub>задан</sub>** и вытекающих токов – **I<sub>св.ос1</sub>** и **I<sub>св.ос2</sub>** приведена на рисунке 6.

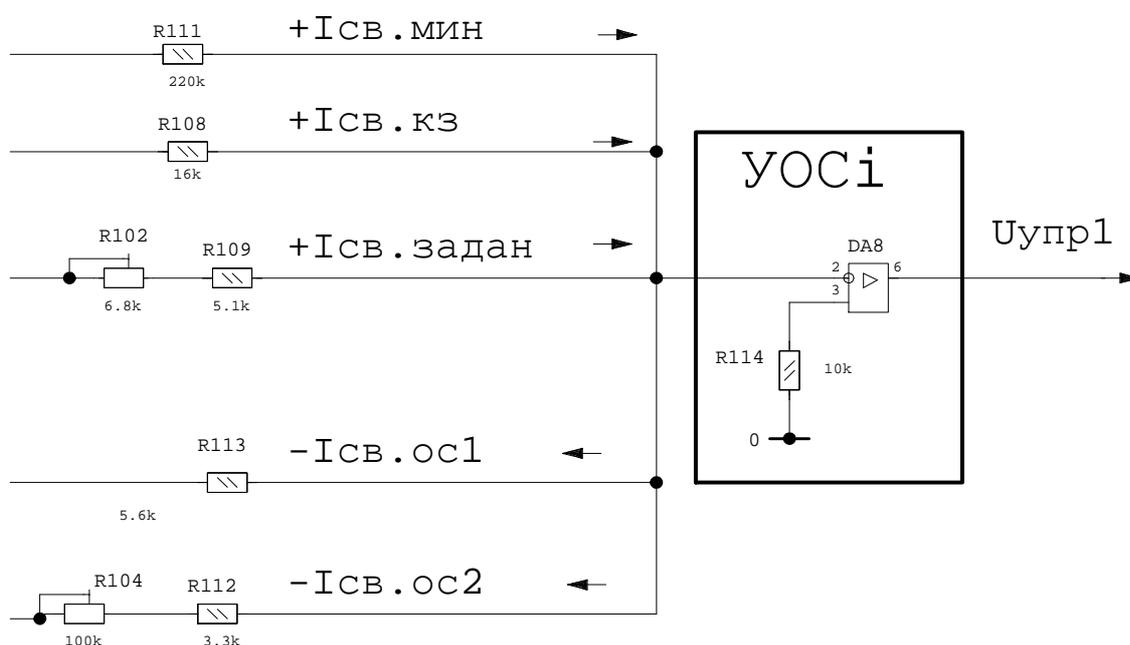


Рис.6

При замыкании обратной связи втекающие токи

( $I_{\text{задан}} = I_{\text{св.мин}} + I_{\text{св.кз}} + I_{\text{св.задан}}$ ) и вытекающие токи

( $I_{\text{ос}} = I_{\text{св.ос1}} + I_{\text{св.ос2}}$ ) взаимно компенсируются и наступает стабилизация

сварочного тока, а напряжение **U<sub>упр1</sub>** поддерживается на уровне баланса этих токов.

Ток – **I<sub>св.ос2</sub>** устраняет нелинейность коэффициента передачи узла – **I<sub>св.ос</sub>**.

Канал **ОС** по напряжению построен на усилителе рассогласования **УОС<sub>U</sub>** (DA6) с элементами, выполняющими следующие функции:

- диод (VD31) ограничивает выходной сигнал отрицательного уровня до – (0,5-0,7)В;
- делитель (R91, R98, R93) с диодом (VD33) ограничивают выходной сигнал положительного уровня до +(4,7-5,3)В;
- резистор (R87) определяет коэффициент усиления **УОС<sub>U</sub>**;
- цепь (C32, R86) определяет частотную характеристику **УОС<sub>U</sub>**.

Задание величины  $U_{св}$  производится:

- параметрическим узлом  $+U_{св.мин}$  с делителем на резисторах (R95, R99) и токозадающим резистором (R94), который подключен в общую суммирующую точку  $УОС_U$  (DA6/2);
- потенциометром “ $I/U$ ” с панели управления выпрямителя – напряжение задано с вывода (DA12/6) через токозадающие резисторы (R100, R96) поступают в общую суммирующую точку  $УОС_U$  (DA6/2).

Сигнал обратной связи по напряжению формируется узлом  $U_{св.ос}$ , на вход которого поступает напряжение  $-U_{св}$  с силовой клеммы “-”.

Узел  $U_{св.ос}$  содержит токозадающие резисторы R7, R92, через которые ток, пропорциональный  $U_{св}$  поступает в точку суммирования  $УОС_U$  (DA6/2).

Схема, поясняющая процесс суммирования втекающих токов  $I_1=U_{св.мин}$ ,  $I_2=U_{задан}$  и вытекающего тока  $-I_{ос}=-U_{св}$  приведена на рисунке 7.

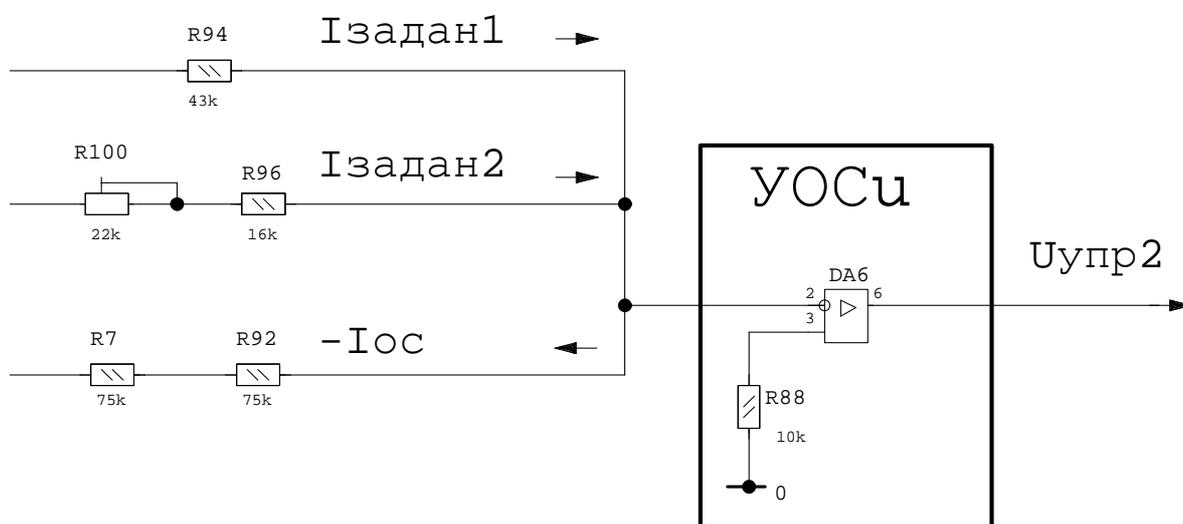


Рис.7

При замыкании обратной связи втекающие токи ( $I_{задан} = I_{св.задан1} + I_{св.задан2}$ ) и вытекающий ток  $-I_{ос}$  взаимно компенсируются и наступает стабилизация сварочного напряжения, а напряжение  $U_{упр2}$  поддерживается на уровне баланса этих токов.

Выходные напряжения  $U_{упр1}$  (от  $УОС_I$ ) или  $U_{упр2}$  (от  $УОС_U$ ) через коммутатор К (DD3/10,11,12, DD3/1,2,13) поступают на точку (XT10) и далее на вход управления  $U \rightarrow F$ .

Выбор жесткой (МАГ) или падающей (ММА) ВАХ производится логическим узлом, выполненным на транзисторах VT21, VT22 с резисторами и диодами для выбора МАГ-сварки с внешнего разъема “ПА” (задается кодовой перемычкой) на контакт (XP7/8) подаются сигнал «0», который открывает транзистор (VE21), открывающий через диод (VD72) ключ (DD3/1,2,13). При этом транзистор VT22 закрывается и размыкается ключ (DD3/10,11,12).

Таким образом стыковка кабеля управления к внешнему разъему “ПА” приводит к автоматическому выбору жесткой ВАХ. Индикация выбора жесткой ВАХ осуществляется через резистор (R188) светодиодом “”, расположенным на панели управления ВДУЧ-350МАГ.

Если к внешнему разъему “ПА” кабель управления не подключен, тогда открывается транзистор (VT22) и замыкается ключ (DD3/10,11,,12) выбирающий ММА-сварку с падающим ВАХ, а индикация осуществляется через резистор (R192) светодиодом “”, расположенным на панели управления ВДУЧ-350МАГ.

### 3.3 Описание работы преобразователя $U \rightarrow F$

Структурная схема преобразователя  $U \rightarrow F$  приведена на рисунке 8, а электрическая – в приложении 2 на листе 2-2 (далее позиционные обозначения ПКИ на электрической схеме будут приведены в скобках).

Преобразователь  $U \rightarrow F$  построен на основе интегратора с переменной направления интегрирования и работает следующим образом.

Напряжение управления  $U_{упр}$  (рисунок 9) положительной полярности поступает относительно шины “0” на делитель напряжения ДН (R67, R69), в котором делится ровно пополам.

К средней точке ДН через резистор (R68) подключен неинвертирующий вход интегратора **Инт** (DA4, C25), относительно которого производится интегрирование “+”  $1/2U_{упр}$  через ключ К1 (DD1/8,9,6) и резистор (R66) или “-”  $1/2U_{упр}$  через ключ К2 (DD1/3,4,5) и резистор (R70). при поочередном симметричном управлении ключами К1 и К2 на выходе **Инт** (DA4/6) формируется линейно-изменяющиеся импульсы треугольной формы (рисунок 9), крутизна которых зависит от величины  $U_{упр}$ . С выхода **Инт** импульсы поступают в аналоговый сумматор, выполненный на резисторах (R42...R44). Резистор (R44) задает ток от **Инт** (DA4/6), резистор (R42) – ток опорный, причем эти токи действуют всегда в противофазе, а в моменты их взаимного уравнивания (компенсации) нуль-орган **НО** (DA1, DD2/3, DD2/4) изменяет свое состояние и, переключая ключи К1, К2, изменяет направление интегрирования и фазу опорного тока (R42) на противоположные.

Частота изменений состояния **НО** прямопропорциональна величине напряжения  $U_{упр}$ , а линейность протекающих процессов обеспечивает строго симметричное изменение состояний **НО**, в результате чего на выходах 1 и 2 **НО** (DD2/3, DD2/4) формируются противофазные импульсные последовательности типа “*меандр*” (рисунок 9). На положительных фронтах импульсов **НО** формирователями **ФИ1** (DD2/10, C31, R85) и **ФИ2** (DD2/11, C17, R51) формируются короткие импульсы, (~15-20мкс), которые усиливаются усилителями (VT3, VT8, C8, R21...R23, R47) и через согласующие трансформаторы (TV1, TV2) выдаются на управление тиристорами **ТИ** (рисунок 2).

Для привязки частоты импульсов управления к резонансным процессам, протекающим в **ТИ**, и обеспечения задержки, необходимой для выключения тиристоров **ТИ**, применяется канал разрешения переключения направления интегрирования и, собственно, выдачи очередного **ИУ**. Он выполнен на формирователе задержки разрешения **ФЗР** (C13, R18, C7, R19, R20, R40, VD16...VD18, VD24), ключе **КЗ** (DD1/1,2,13) задания тока запрета переключения в **Асум**(R43) и формирователе импульсов разрешения **ФИР** (VT1,R1...R3,VD1).

При выдаче очередного импульса **ИУ** на управление тиристорами **ТИ** (рис.10) через диоды (VD16...VD18,VD25) и резисторы (R20,R40) конденсатор C7 заряжается, а конденсатор C13 разряжается до напряжения “+” (C13 подключен к “+”). Положительный уровень напряжения на C13 открывает ключ **КЗ**, который подключает резистор R43 параллельно R42, что значительно увеличивает опорный ток **Асум**.

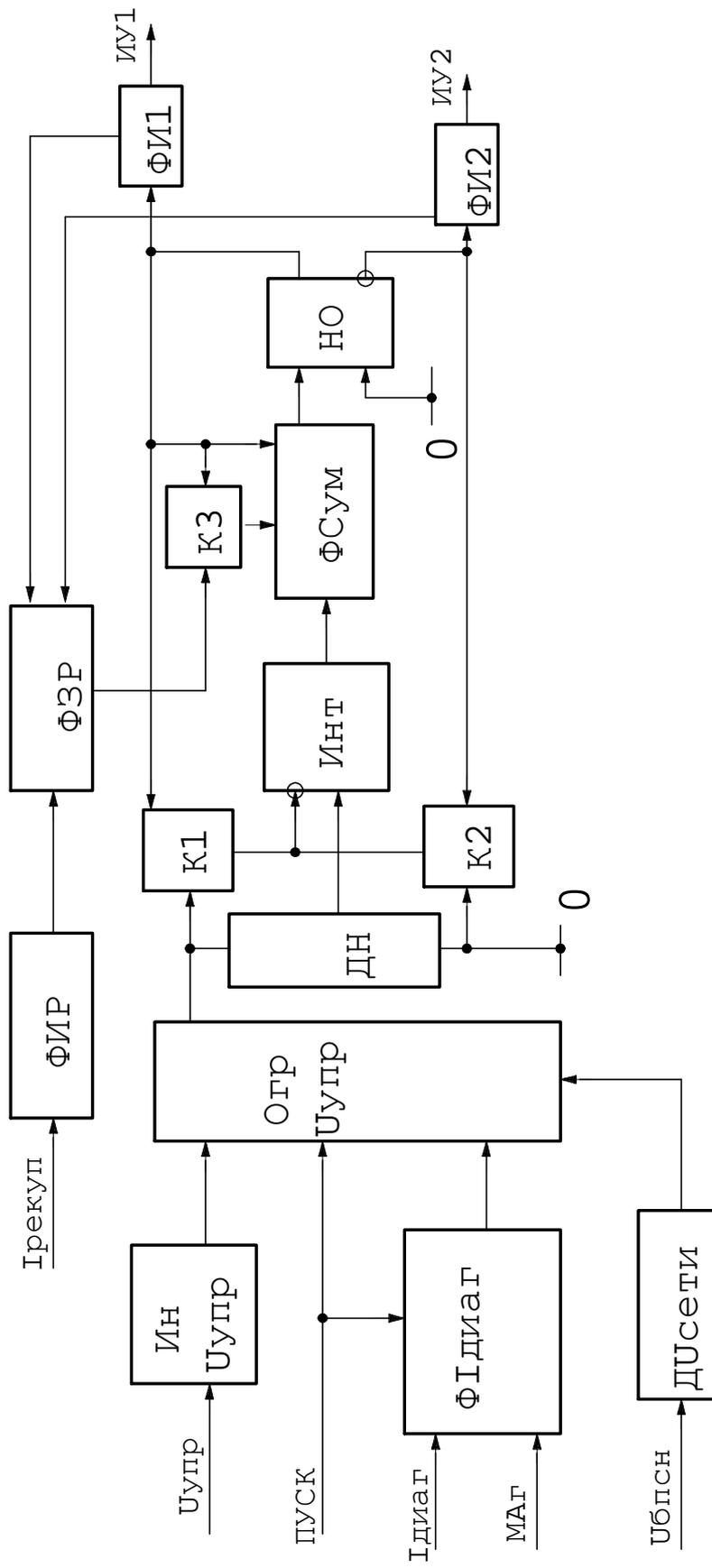


Рис. 8 Структурная схема преобразователя  $U \rightarrow F$

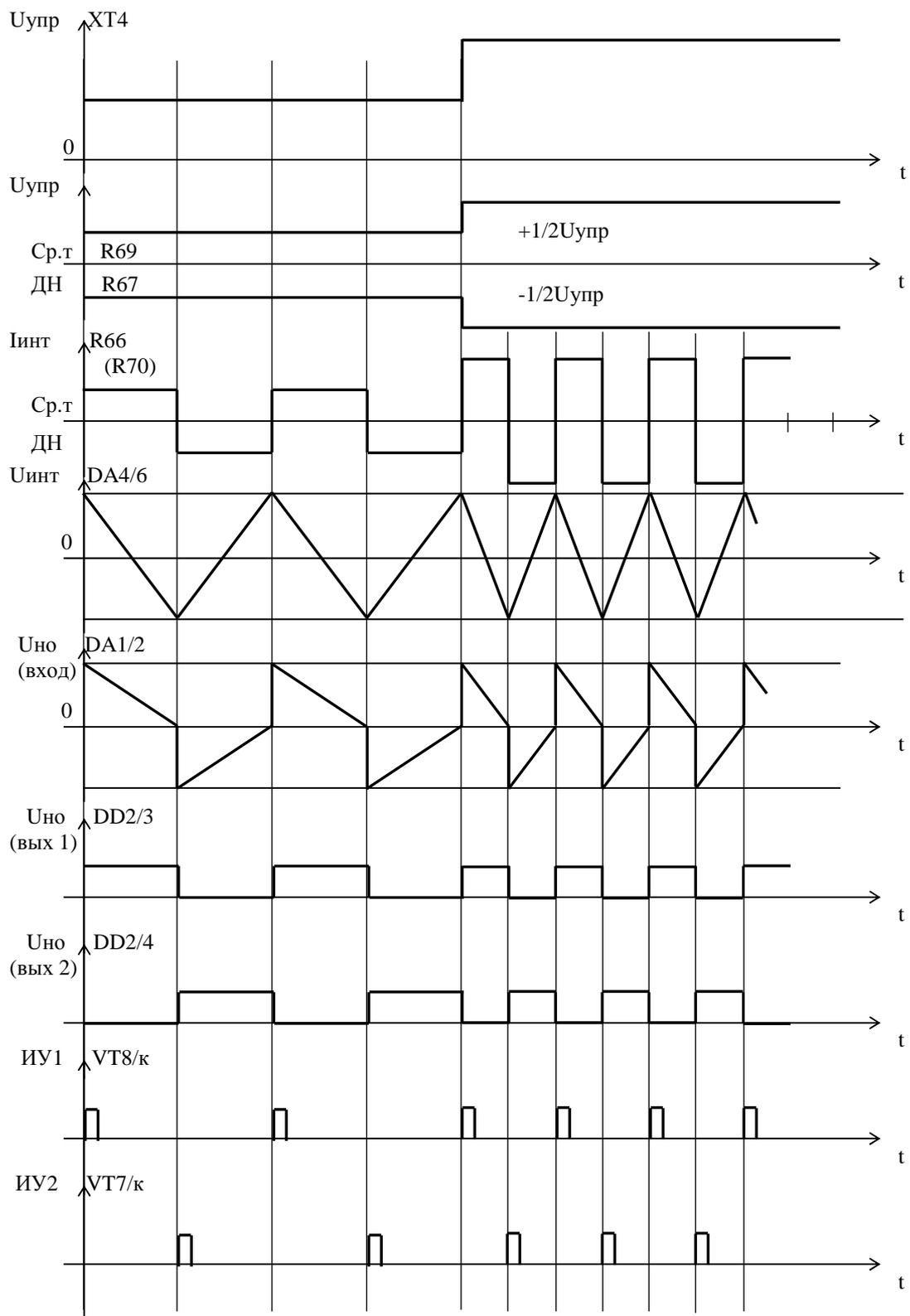


Рисунок 9. Временные диаграммы работы преобразователя  $U \rightarrow F$ .

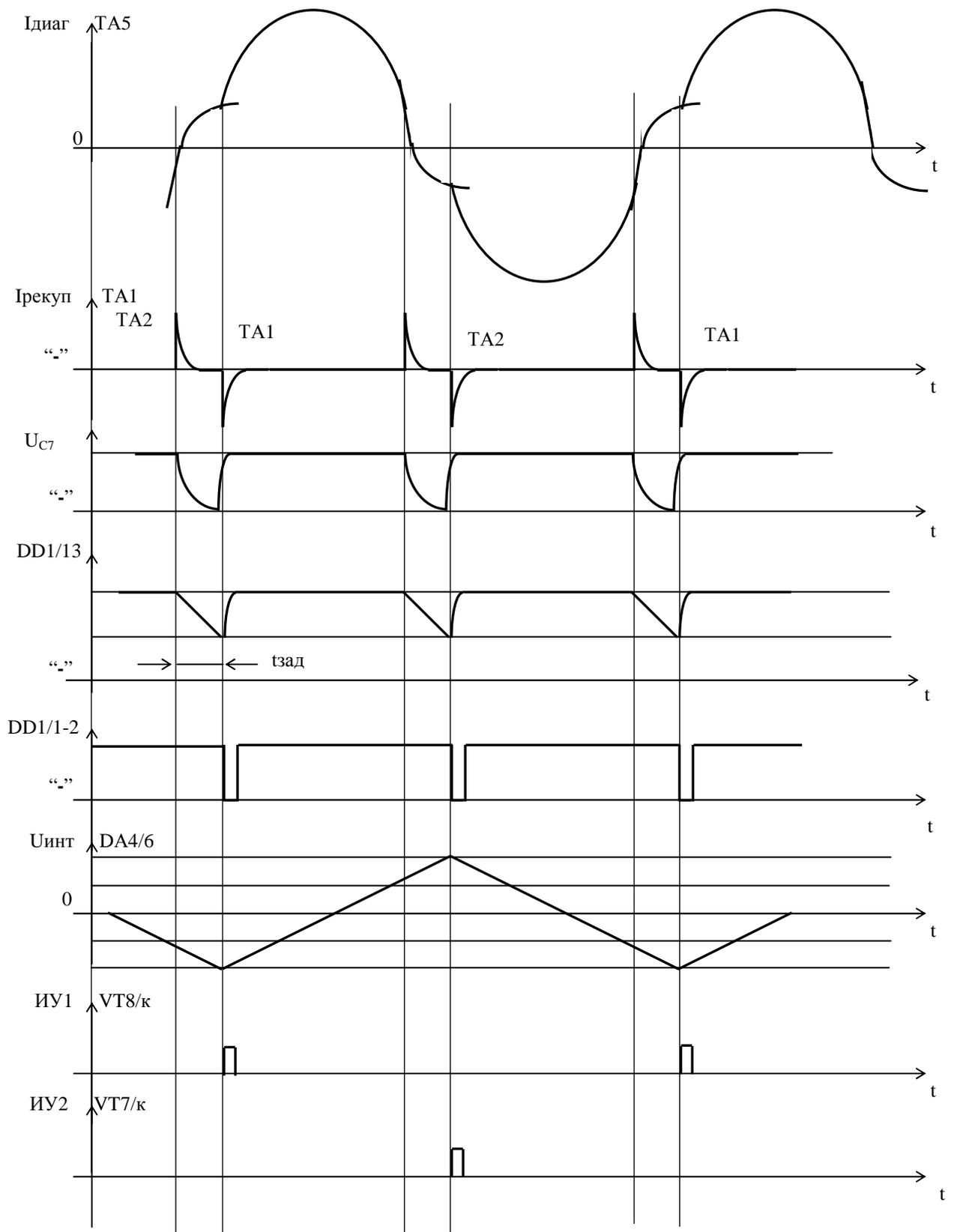


Рисунок 10. Временные диаграммы для номинального режима

Это приводит к тому, что для компенсации опорного тока потребуется значительно больший ток **Инт** (R44), а это потребует увеличения амплитуды импульсов **Инт** и, соответственно, снизит частоту импульсов.

Для того, чтобы частота импульсов соответствовала номинальной необходимо получать на вход **ФИР** регулярные импульсы (рисунок 10) от датчиков **Ирекун** (трансформаторы **ТА1**, **ТА2**, приложение 1, лист 2), которые формируют импульсы в моменты перехода тока диагонали **РИ** (рисунок 10) через ноль (перехода тока от тиристора **РИ** в рекуперационный диод).

Импульсы **Ирекун** (рисунок 10) включают транзистор (VT1) **ФИР**, который быстро разряжает конденсатор (C7), а конденсатор (C13) разряжается (заряжается) с постоянной времени (R18C13). При достижении напряжением  $U_{c13}$  (рисунок 13) порога отключения ключа **КЗ** (DD1/1,2,13) резистор (R43) отключается, что приводит к переключению **НО** и выдачи очередного **ИУ**.

Рассмотренные процессы привязки частоты **ИУ** тиристорами к колебательным (резонансным) процессам в **РИ** имеет место только на максимальных режимах работы.

С уменьшением **Uупр**, приводящим к снижению частоты **ИУ**, задержка включения теряет свое значение, т.к. время от момента перехода **Идуаг** через ноль до выдачи очередного **ИУ** становится больше параметрической задержки **ФЗР**.

Напряжение **Uупр** поступает на вход **ДН** через **ОгрUупр**, который определяет максимально допустимую величину **Uупр**, соответственно частоту **ИУ**, блокирование **Uупр**, если нет команды ПУСК, ограничение **Uупр** по максимально допустимой величине **Идуаг РИ**, коррекцию величины **Uупр** пропорционально росту напряжения сети.

Ограничение **Uупр**, которое поступает от инвертора **ИнUупр** через резистор (R78) производится элементами (DA16.2, VD30, R76, R77, R81,C77), амплитуда ограничения устанавливается переменным резистором (R76).

В исходном состоянии ключ (DD1/10,11,12) выключен, напряжение на входе DA16.2/5 равно нулю, следовательно, равно нулю **Uупр** на выходе **ОгрUупр** (VD30/+) и на входе **ДН** (ХТ4).

По команде ПУСК открывается ключ (DD1/10,11,12), который подключает делитель (R76, R77, R81) к шине “+” и на входе ограничителя (DA16/5) появляется положительный уровень напряжения, определяющий максимальную амплитуду **Uупр**.

На вход **ОгрUупр** поступает также напряжение от формирователя тока диагонали **ФИдуаг**, которое ограничивает **Uупр** через резистор (R73) на уровне, обеспечивающем безопасные резонансные процессы в **РИ**.

На вход **ФИдуаг** (ХР2/4-5) от датчика **Идуаг** (токового трансформатора ТА5, приложение 1, лист 2) поступает токовый сигнал, который выпрямляется диодным мостом (VD5...VD7), преобразуется в напряжение резисторами (R52, R30, R50) и через амплитудный детектор (VD26, R127, C40, R126, DA7, VD29) поступает на резистор (R73), ограничивающий **Uупр**.

Максимально-допустимая амплитуда **Идуаг** регулируется резистором (R50) и определяет предельную мощность преобразования **РИ**, в том числе ток **КЗ** и рабочее напряжение холостого хода.

Начальные стартовые условия на C40 задаются резисторами (R128, R222), причем резистор (R128) отключается по команде ПУСК.

Для увеличения тока сварки при МАГ-сварке имеется транзисторный ключ (VT9), который открывается по команде МАГ и резистором (R29) шунтирует основной резистор (R52), уменьшая общее сопротивление цепи формирования напряжения пропорционального *I<sub>диаг</sub>*.

Напряжение *U<sub>упр</sub>* поступает на вход ДН через инвертор **ИнU<sub>упр</sub>**, выполненный на DA5 с коэффициентом передачи 1, напряжение *U<sub>упр</sub>* проходит через резистор (R75), а резистор R72 производит согласование динамического диапазона *U<sub>упр</sub>*.

В случае, если сетевое напряжение (контролируется по выпрямленному входному напряжению **БПСН**) превышает допуск, то датчик ДУсети выдает сигнал коррекции максимального значения *U<sub>упр</sub>*, уменьшая тем самым максимальную частоту ИУ и ограничивая рост мощности, преобразуемой **РИ**.

ДУсети выполнен на элементах (DA16.1, R138, R139, R148, R171, R175...R177, R180, C48, C76, VD51, л.2-1).

Крутизна изменения сигнала коррекции определяется соотношением резисторов (R175, R180, л.2-1), а порог начала коррекции соотношением резисторов (R148, R171, R177 и R138, R139 л.2-1). Сигнал коррекции (ограничения *U<sub>упр</sub>*) выдается через диод (VD51, л.2-1) на резистор (R73, л.2-2).

### 3.4 Описание работы устройства управления и защиты УУЗ.

Структурная схема УУЗ приведена на рис. 11, а электрическая – в приложении 2, в основном, на листе 2-4.

УУЗ содержит следующие основные узлы:

1. Генератор импульсов **ГИ** большой скважности для работы времязадающих цепей с большими постоянными времени (секунды/минуты). Он выполнен на логическом элементе 2И-НЕ с ТШ на входах (DD4/1,2,3). Времязадающая цепь построена на резисторах (R135, R136), диоде (VD55) и конденсаторе (C44).

В цепь запуска **ГИ** включен контроль стыковки разъемов (XP3, XP4). Лог.“1” (+) по цепи XP3/1-XP43/2-XP4/8-XP4/7 через **RC**-фильтр (R16, C45) поступает на вход (DD4/1) и разрешает работу **ГИ**. В случае неполной или неправильной стыковки разъемов XP3, XP4 **ГИ** не запускается.

**ГИ** имеет инверсный (DD4/3) выход с малой длительностью лог.“0” и прямой (DD5/11) выход с малой длительностью лог.“1”, которые используются в разных времязадающих цепях с требуемой фазой.

2. Формирователь готовности выпрямителя к сварке **ФГТ** выполнен на логическом элементе (DD4/4,5,6) и времязадающей цепи (C43, R137, VD56).

**ФГТ** работает следующим образом.

При подаче питания на входах (DD4/5,6) устанавливается уровень лог.“1”, т.к. (C43) разряжен, а на выходе (DD4/4) – уровень лог.“0”, запрещающий работу **СУ**.

Импульсы **ГИ** с инверсного выхода (DD4/3) через диод (VD56) и резистор (R137) начинают медленно заряжать конденсатор (C43), понижая напряжение на входах (DD4/5,6).

Через время (3-5)с это напряжение достигает на входах (DD4/5,6) уровня лог.“0” и на выходе DD4/4 появляется уровень лог.“1”, разрешающий работу формирователю разрешения пуска **Ф.Р.Пуск**.

3. **Ф.Р.Пуск** выполнен на логических элементах (DD6/1,2,3, DD6/11,12,13, DD6/4,5,6, DD4/8,9,10) и ключе (DD7/3,4,5).

**Ф.Р.Пуск** работает следующим образом.

В исходном состоянии **ФГТ** выдает уровень лог.“1”, формирователь защиты от короткого замыкания **Ф.З.КЗ** – уровень лог.“0”, устройство контроля реле тепловых **УКРТ** – уровень лог.“0”, формирователь пуска **Ф.Пуск** – уровень лог.“0”. На выходе DD6/3 устанавливается лог.“0”, а на выходе DD6/11 – лог.“1”, которые запрещают работу преобразователя **U→F** и, соответственно, выдачу **ИУ** на тиристоры **РИ**. Это соответствует штатному состоянию **СУ**.

4. Индикацию состояния готовности **СУ** обеспечивает ключ **Кл.ИГТ**, который выполнен на транзисторе (VT18) и ключе (DD3/6,8,9).

Уровень лог.“0” с выхода (DD4/10) через резистор (R155) и замкнутый ключ (DD3/8,9) открывает транзистор (VT 18), который через резистор (R194) включает светодиод “ ” на панели управления ВДУЧ-350МАГ.

В базу транзистора (VT 18) через резистор (R156) поступают импульсы от генератора тактовых импульсов **ГТИ**. В случае нарушения штатного состояния [перехода (DD4/10) в состояние лог.“1” или размыкания ключа (DD3/8,9)] транзистор (VT18) начинает открываться/закрывается с частотой импульсов **ГТИ**,



что вызывает мигание светодиода “ $\odot$ ” на панели управления, сигнализирующее о нарушении работы ВДУЧ-350МАГ.

Мигание светодиода “ $\odot$ ” происходит в следующих случаях:

- по включению питания на время (3-5)с (вместе со светодиодом **ВКЛ**);
- при отсутствии фаз А или В сетевого напряжения  $\sim 380В$ ,  $\sim 3$  фазы (вместе со светодиодом **ВКЛ**);
- при срабатывании аварийной защиты на время (3-5)с (месте со светодиодом **ВКЛ**);
- при перегреве – срабатывании тепловых реле РТ1 или РТ2 (вместе с постоянно горящим светодиодом “**t°C**”, после погасания которого светодиод “ $\odot$ ” мигает еще около (3-5)с.

**5. ГТИ** выполнен на логическом элементе (DD4/11) с симметричной зарядно-разрядной RC-цепью (R158, C47). **ГТИ** выдает импульсы типа “меандр” частотой около 1Гц, которые используются исключительно для мигающей индикации.

**6. Формирователь пуска Ф.Пуск** выполнен на транзисторе (VT14) и времязадающей цепи (R184, C55, VD52).

Включение (активизация) **Ф.Пуск** происходит следующим образом:

**6.1** При МАГ-сварке внешней командой (кнопкой на горелке полуавтомата), которая через разъемы “**ПА**” и (XP8) в драйвере **ДрПуск** формирует ток управления ( $\sim 10mA$ ) светодиода оптрона (V01), фототранзистор которого открывается и подает лог.“1” (+) через резистор (R180) и диод (VD64) непосредственно на времязадающую цепь (R147, C55) **Ф.Пуск**.

**6.2** При ММА-сварке сигналом от нуль-органа **НО**, на выходе которого (DA2/6) появляется уровень лог.“0” в момент замыкания сварочной цепи. Сигнал лог.“0” с выхода (DA2/6) через резистор (R134), замкнутые ключи (DD7/10-11, DD7/8-9), диод (VD45) и резистор (R131) открывает транзистор VT14, который через резистор (R147) быстро заряжает конденсатор (C55) **Ф.Пуск**.

При ММА-сварке после поджига дуги и появления сварочного тока на вход (DD5/5) через диод (VD61) от датчика минимального тока сварки  $I_{св} \geq I_{мин}$  поступает сигнал лог.“1”, в результате чего на выходе DD5/4 появляется лог.“0”, который через диод (VD44) и резистор (R131) продолжает удерживать транзистор VT14 в открытом состоянии до тех пор, пока течет сварочный ток. Когда сварочный ток прекращается (гаснет дуга) транзистор VT14 закрывается и конденсатор C55 начинает разряжаться импульсами **ГИ** через диод VD52 и резистор R184. За время (1,2-1,5)с напряжение на (C55, DA6/1) понижается до уровня лог.“0” и **Ф.Пуск** переходит в исходное состояние, по которому **Ф.Р.Пуск** снимает команду ПУСК (разрешение работы преобразователя **U**→**F** и **PI**).

**7. Устройство контроля сварочной цепи УКСвЦ** состоит из формирователя пониженного напряжения холостого хода **Ф.ПНхх** (R133, R34, C5, VD15), нуль-органа **НО** (DA2, R56, R60, C19, VD27) и формирователя тока порога срабатывания **Ф.Ипор** (R57, R58, VD28, VD65, VD19, VD13, VT 10, R53...R55).

**УКСвЦ** при МАГ-сварке и ММА-сварке работает по разному.

При МАГ-сварке, как сказано выше, команда ПУСК выдается нажатием сварщиком кнопки на горелке полуавтомата.

В этом режиме **УКСвЦ** обеспечивает защиту ВДУЧ-350МАГ при возникновении в сварочной цепи нештатного К.З. на время более 2с. Это происходит следующим образом.

По команде ПУСК от **Ф.Р.Пуск** запускается  $U \rightarrow F$ , начинает работать **РИ** и с выхода (DD6/11) уровнем лог.“1” запирается диод VD65, в результате чего на вход **НО** (DA2/2) подключается резистор (R58) через диод (VD28), который задает пороговый ток  $I_{пор_2}$ , а резистор (R57), задающий начальный пороговый ток  $I_{пор_1}$  включен постоянно. на выходе (DA2/6) при этом устанавливается уровень лог.“0” на время, в течение которого  $-U_{св}$  увеличивается до уровня более 14В, при котором пороговые токи  $I_{пор_1}$  (R57),  $+I_{пор_2}$  (R58) положительной полярности компенсируются  $I_{ком_1}$  (R9, R33) отрицательной полярности, что приводит к установлению на выходе (DA2/6) на уровне лог.“1”, подтверждающей штатное прохождение сварочного процесса.

Уровень лог.“1” с выхода (DA2/6) через резистор (R134) и диоды (VD67, DA68) удерживает формирователь защиты от короткого замыкания **Ф.З.КЗ** в исходном состоянии. При этом времязадающий конденсатор (C53) через резистор (R183) удерживается в разряженном состоянии на уровне лог.“1” по входу (DD6/9,8), на выходе которого поддерживается уровень лог.“0”, поступающий в **Ф.Р.Пуск**, как разрешающий выдачу команды ПУСК.

В случае нештатного К.З. в сварочной цепи напряжение  $-U_{св}$  уменьшается до (5-10)В, что приводит к неравенству  $|I_{пор_1} + I_{пор_2}| > |I_{ком_1}|$ , изменяющему уровень на выходе **НО** (DA2/6) на лог.“0”. Диоды (VD67, VD68) запираются и начинается процесс медленного заряда конденсатора (C53) через резистор (R178) и диод (VD62) от **ГИ**. Если длительность К.З. превысит время заряда (C53) до уровня лог.“0”, то срабатывает (DD6/10) и выдает уровень лог.“1” на вход (DD6/5,6) **Ф.Р.Пуск**, что приведет к отключению  $U \rightarrow F$ , **РИ** и прекращению сварочного тока.

При МАГ-сварке до появления команды ПУСК сварочная цепь может быть зашунтирована внешними нагрузками (подогреватель газа, клапан газа и др.), что приведет к выдаче лог.“0” от **НО** (DA2/6) и преждевременному срабатыванию **Ф.З.КЗ**. Чтобы исключить такую ситуацию в **Ф.И.порог** предусмотрен узел блокирования **НО**, выполненный на транзисторе (VT10), диодах (VD13, VD19) и резисторе (R55). При МАГ-сварке (VT10) открыт и на вход **НО** (DA2/2) через резистор (R55) и диод (VD19) подается  $I_{ком_2}$ , который гарантированно компенсирует  $I_{пор_1} + I_{пор_2}$ , удерживая выход **НО** в состоянии лог.“1”.

По команде ПУСК от **ДрПуск** уровень лог.“1” от (V01/4) через (R180) и (VD13) запирает (VD19), отключая  $I_{ком_2}$  от **НО**, на работу которого в процессе сварки  $I_{ком_2}$  уже не влияет.

**8.** Устройство контроля реле тепловых **УКРТ** состоит из ключа **Кл** (VT 5), узлов задержки на выключение **тзад.выкл<sub>1</sub>** (DD5/8,9,10, R140, C49) и **тзад.выкл<sub>2</sub>** (DD5/1,2,3, R141, C50), ключа управления вентиляторами **КлВент** (VD16, R164, лист 4, VS01, VS1, лист 1) и ключа индикации перегрева **КлИт°С**.

**УКРТ** работает следующим образом.

В исходном состоянии контакты реле тепловых **РТ1** и **РТ2**, расположенных на теплонагруженных элементах **РИ** (тиристоре VS1 и диодной сборке UZ) разомкнуты и транзистор (VT5) закрыт. Уровень лог.“1” с (VT5/к) выдается как штатный на вход **КЛИ“Гт”** (DD3/6) и не препятствует постоянному свечению индикатора " ". Запуск вентиляторов  $\Phi$ здушного охлаждения происходит по команде ПУСК от **Ф.Р.Пуск** через **тзад.выкл<sub>2</sub>** (VD53, R142, DD5/3) и ключ **КлВент**. После завершения процесса сварки (прекращение команды ПУСК) узел задержки выключения вентиляторов **тзад.выкл<sub>2</sub>** еще в течение ~1мин выдает лог.“1” (DD5/3), удерживая открытым

транзистор (VT16) для того, чтобы охладить силовую часть для следующего цикла сварки (обеспечения тепловых режимов с учетом ПН=60% на максимальном сварочном токе).

Далее процесс повторяется.

В случае нарушения условий эксплуатации (температура воздуха выше +40°C, превышение среднего ПН>60% - непрерывная) работа на максимальных сварочных токах, засорения жалюзей и др.) или отказа вентиляторов замыкаются контакты **PT1** и **PT2** и через резистор (R12) открывают транзистор (VT5). Резисторы (R14, R15) подгружают контакты **PT1**, **PT2** для запрещения работы.

Уровень лог.“0” (VT5/к) выдается на вход **КЛИ“Гт”** (DD3/6) для выключения постоянного свечения светодиода “ $\odot$ ” (начинается его мигание), а через диод (VD21) и резистор (R61) на вход **tзад.выкл<sub>1</sub>** (DD5/8,9), в результате чего с небольшой задержкой на выходе (DD5/10) появляется уровень лог.“1”, который поступает на вход **Ф.Р.Пуск** (DD7/5) и запрещает выдачу команд ПУСК (запрещает работу **U→F** и **PI**). Одновременно с выхода (DD5/10) через резистор (R163) включается транзистор (VT16) (узел **КлВент**), который включает вентиляторы **УВО**, а также открывается транзистор (VT19) и через (VD76, R193) загорается светодиод “**t°C**”.

Таким образом при срабатывании тепловых реле сварочный ток прекращается, а система охлаждения **УВО** работает до тех пор пока тепловые реле не выключатся, после чего узел **tзад.выкл<sub>1</sub>** удерживает это состояние еще ~ (5-10)с, а затем снимает запрет с **Ф.Р.Пуск** и выключает мигающую светодиодную индикацию. С этого момента ВДУЧ-350МАГ снова готов к работе.

**9.** Для надежной работы ВДУЧ-350МАГ предусмотрено устройство контроля и защиты по сети **Защ по СЕТИ**, которое выполнено на пороговом элементе (DA14, л.2-1), контролирующем выпрямленное напряжение сети  $\approx 380В$  по амплитудному значению.

Контролируемое напряжение  $\approx 540В$  является также источником питания (DA14) и оптрона (V02) через резисторы, расположенные в силовой части ВДУЧ-350МАГ. Если амплитуда выпрямленного напряжения сети находится в заданных пределах, выходной транзистор оптрона (V02) постоянно открыт, а диод (VD89) заперт обратным напряжением и не влияет на заряд конденсатора (C43) **ФГт**. В случае превышения (понижения) амплитуды  $U_{сети}$  транзистор оптрона (V02) закрывается и через (R216, VD8) конденсатор (C43) **ФГт** быстро разряжается, снимается команда **Гт**, в результате чего сварочный ток отключается и начинают мигать светодиоды “ $\odot$ ” и “**ВКЛ**”.

**10.** В случае нарушения работоспособности, приводящей к повышенному напряжению **X.X**. предусмотрен пороговый узел **Uд>макс** (VT4, R35, R36, R10, R11, R37, VD43), который также разряжает конденсатор (C43), снимая готовность прибора при этом начинает мигать светодиод “ $\odot$ ”.

В исходном состоянии транзистор (VT4) открыт базовым током, который задается резисторами (R35, R36). Резисторы (R10, R11) подключены к шине  $U_{св}$ . при увеличении амплитуды сварочного напряжения  $U_{св}$  ток через (R10, R11) отрицательной полярности перекомпенсирует ток резисторов (R35, R36) положительной полярности, транзистор (VT4) закрывается и конденсатор (C43) разряжается через (VD43, R37), снимая команду **Гт**.

**11.** При увеличении амплитуды сетевого напряжения более 15% в **БУ** предусмотрен узел (DA16, лист 2-1), который через диод (VD51, лист 2-1) снижает

напряжение управления Уупр на входе преобразователя  $U \rightarrow F$ , ограничивая рост преобразуемой мощности.

12. Для защиты от аварийных режимов предусмотрен ключ **КлЗаш**, выполненный тоже на транзисторе (VT23). При коротком замыкании (сбое, неисправности) в **РИ** в обмотке (L1/4-5, лист 1-3) генерируется импульс, который через разъем (A1-XS15, XP15), диод (VD90), резистор (R223) и стабилитрон (VD88) открывает транзистор (VT23), который через (R216, VD8) быстро разряжает C43, в результате чего снимается готовность, прекращается сварочный ток, мигают светодиоды “ $\phi$ ” и ВКЛ. Через 3-5с работоспособность восстанавливается и ВДУЧ снова готов к сварке.

#### 4. Описание конструкции ВДУЧ-350МАГ.

Конструктивно ВДУЧ-350МАГ выполнен в однокорпусном варианте. Силовая часть располагается в каркасе в два этажа, каждый из которых продувается своим вентилятором. Вентиляторы (M1, M2, л. 1-4) установлены на передней панели каркаса и нагнетают воздух вовнутрь. Снаружи над воздухозаборными отверстиями установлены специальные защитные жалюзи.

На нижнем этаже, начиная от вентилятора, расположены:

- силовая диодная сборка(UZ1 л. 1-5);
- сварочный трансформатор (TV1, л. 1-5);
- силовой выходной дроссель Lвых (L5, л. 1-5).

На верхнем этаже, начиная от вентилятора, расположены:

- на двух охладителях силовые ключи (VS1, VD8 и VS2, VD9, л. 1-5);
- дроссели **РИ** (L2...L4, л. 1-5);
- дроссель и конденсаторы входного фильтра (L1, C11, C12, л. 1-1);
- трансформатор вторичных питающих напряжений (TV6, л. 1-1).

В верхней части каркаса (под крышкой) установлен **БУ**.

В разных модификациях ВДУЧ-350МАГ установлены 2 типа **БУ**:

- **БУ** ИЯЕВ.468364.014, компоновка которого приведена в приложении 3 (листы 3-1, 3-2);
- **БУ** ИЯЕВ.468364.020, компоновка которого приведена в приложении 4 (листы 4-1, 4-2).

Схемно-технические решения в блоках **БУ** ИЯЕВ.468364.014 и ИЯЕВ.468364.020, в основном, одинаковые, позиционные обозначения ПКИ тоже.

Принципиальным конструктивным отличием **БУ** ИЯЕВ.468364.020 является расположение разъемов (XP1...XP9, XP14, листы 3-1, 3-2). Они развернуты на 180° с целью уменьшения длины цепей управления тиристорами **РИ**.

Кроме того в **БУ** ИЯЕВ.468364.020 вновь введены:

- узел коррекции Уупр при увеличении амплитуды напряжения сети (DA16.1, лист 2-1);
- узел ограничения Уупр.макс (DA16/2, VD30, DD1/10,11,12, резисторы, лист 2-2).

Панель управления ВДУЧ-350МАГ съемная и расположена спереди, а ввод сетевого кабеля, автоматический выключатель – сзади.