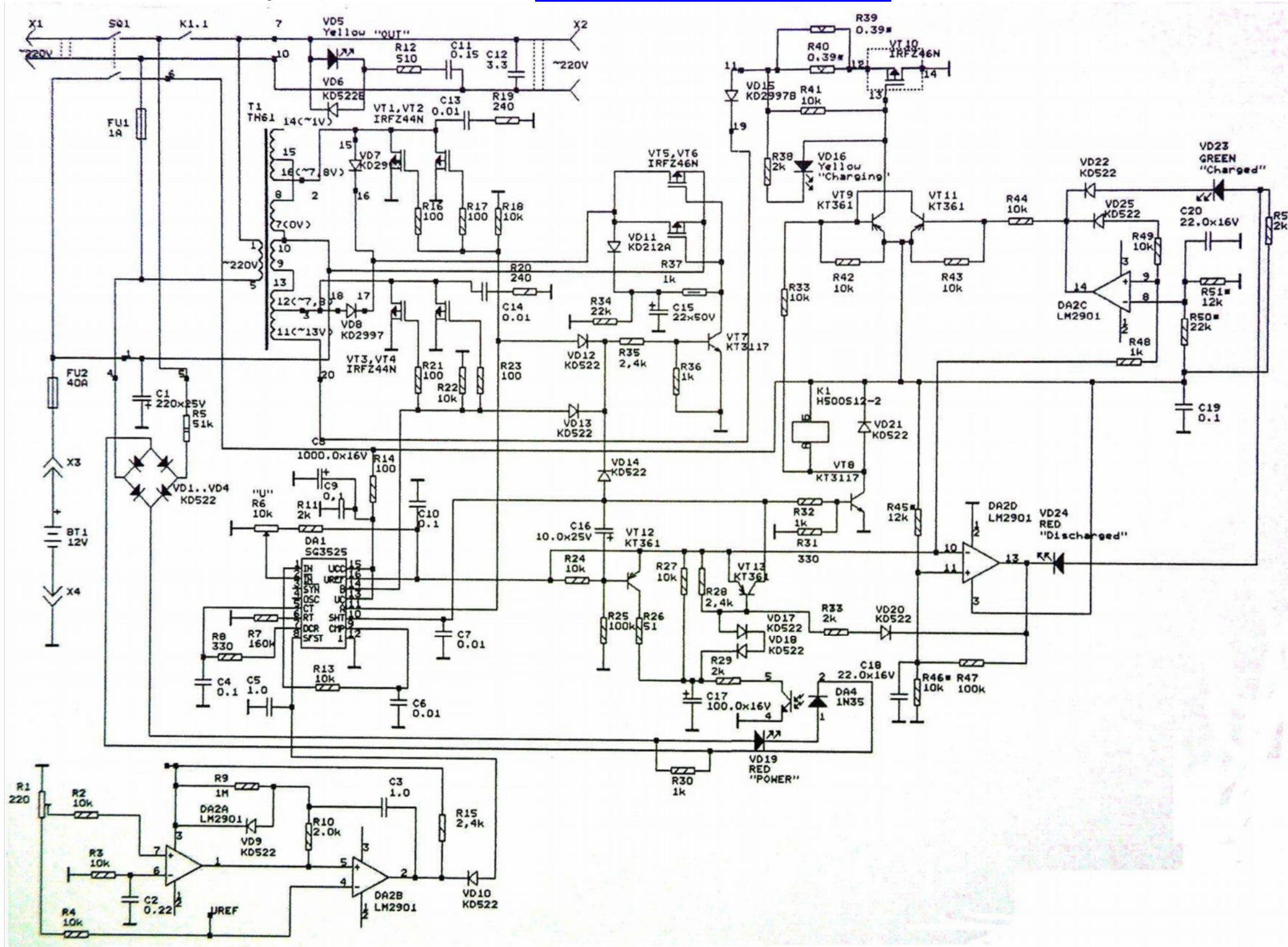


Принципиальная схема преобразователя напряжения 12-220 Вольт



испытанная на 10 образцах простая схема [источника бесперебойного питания](#). Выходная мощность - до 150Вт, аккумулятор - автомобильный. Имеет защиту от перегрузки, автоматическое зарядное устройство, защиту от глубокого разряда аккумулятора. Может работать длительно от аккумулятора (определяется ёмкостью аккумулятора и мощностью нагрузки)

Техническое описание и инструкция по наладке.

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ.

Преобразователь предназначен для генерации квазисинусоидального напряжения, действующее значение которого 220В и частота – 50Гц, из питающего постоянного напряжения, величиной 12В. Преобразователь позволяет автоматическое переключение питания нагрузки от сети ~220В либо от источника постоянного напряжения. Преобразователь снабжен автоматическим зарядным устройством.

## 2. ПРИНЦИП РАБОТЫ.

Преобразователь генерирует сигнал, период которого условно можно разделить на три участка (см. Рис 1): положительный импульс, отрицательный импульс, нулевой участок.

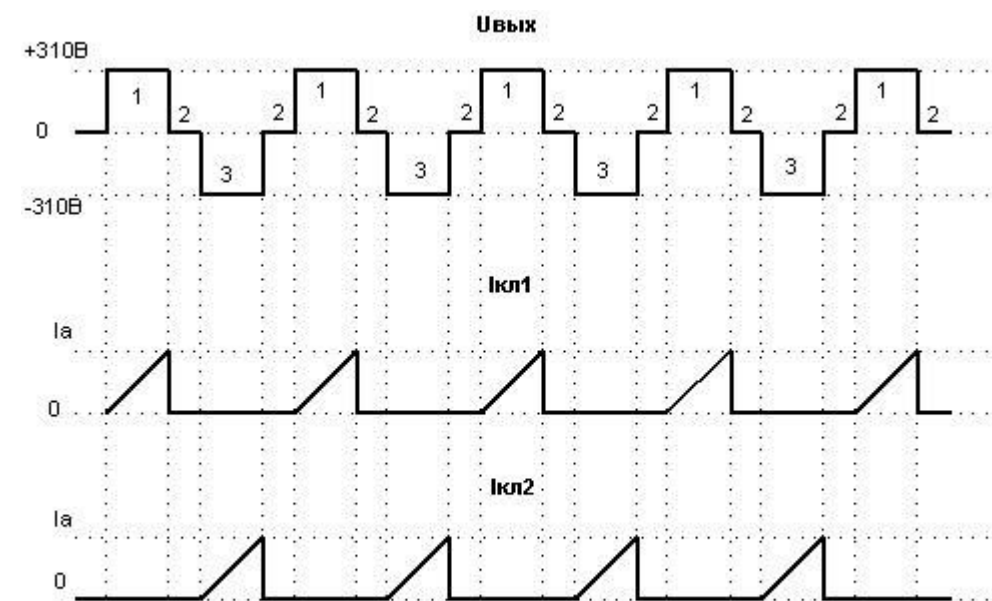


Рис1. Выходной сигнал и токи силовых ключей

Рис.1. Выходной сигнал и токи силовых ключей.

Амплитуда положительного и отрицательного импульсов примерно равна амплитуде синусоидального сигнала с действующим напряжением ~220В, а скважность – должна быть  $1/\sqrt{2}$  для того, чтобы действующее значение напряжения было ~220В.

Средний потребляемый от источника питания «+12В» ток ( $I_{ср}$ ) составляет, как видно из Рис.1:

$$I_{ср} = I_a/2 \cdot \sqrt{2} \quad (1)$$

Средняя, потребляемая от источника питания «+12В» мощность, таким образом, составляет  $12 \cdot I_{ср}$ . Выходная мощность меньше из-за к.п.д..

Если, для простоты, положить к.п.д.=1, то выходная мощность ( $P_{вых}$ ) составит:

$$P_{вых} = I_{ср} \cdot 12 \quad (2)$$

С учетом (1)

$$P_{\text{вых}} = 12 \cdot I_a / 2 \cdot \sqrt{2} = 4,255 \cdot I_a \quad (3)$$

В преобразователе используются силовые ключи, с максимальным значением тока 96А. Для надёжности, а также для обеспечения работы в аварийном режиме (режим короткого замыкания выхода), примем амплитудное значение тока ключа –60А, т.е.  $I_a = 60\text{А}$ . Тогда, на основании (3), выходная мощность преобразователя не превысит:

$$P_{\text{вых}} = 4,255 \cdot I_a = 4,255 \cdot 60 = 255,3 \text{ Вт.}$$

Каждый из изображённых на Рис.1 участков формируется при помощи отдельного силового ключа. На участке 2 силовой ключ замыкает обмотки трансформатора, т.е. дает возможность прохождения реактивного тока нагрузки. Таким образом, выходное сопротивление преобразователя на протяжении всего периода генерируемого сигнала близко к «0», т.е. генератор обладает характеристикой источника напряжения.

### 3. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

#### 3.1. Перечень основных узлов схемы.

Преобразователь состоит из:

- преобразователя напряжения 12В в напряжение 220В;
- переключателя источника питания 12В – 220В;
- схемы защиты от перегрузки;
- автоматического зарядного устройства.

Автоматическое зарядное устройство, а также управляющая схема преобразователя питаются от источника постоянного напряжения 12В и включаются – отключаются при помощи переключателя SQ1 - «Вкл.». Напряжение на нагрузке также отключается при помощи этого же переключателя.

#### 3.2. Описание преобразователя напряжения 12В в напряжение 220В.

Преобразователь напряжения 12В в напряжение 220В содержит [трансформатор](#) T1, силовые ключи первого и третьего участков периода выходного напряжения - VT1, VT2, VT3, VT4 силовой ключ второго участка – VT5, VT6 генератор управляющих сигналов – микросхему DA1 и транзистор VT7. Генератор управляющих сигналов выдаёт сигналы управления тремя силовыми ключами, причем последовательность, амплитуду и полярность сигналов можно видеть на Рис.2. На рисунке напряжения на затворах силовых ключей обозначены как U<sub>gvt1</sub>, U<sub>gvt3</sub>, U<sub>gvt5</sub>, напряжение на стоке транзисторов VT5, VT6 обозначено как U<sub>cvt5</sub>. Транзисторы IRFZ46N, используемые в качестве силовых ключей, являются полевыми транзисторами с каналом “n” типа и изолированным затвором. При напряжении на затворе транзистора относительно истока в пределах от +1 до – 16В транзистор надежно закрыт, при значении указанного напряжения то +8 до +16 В транзистор полностью открыт.

Микросхема DA1 содержит встроенный тактовый генератор, частота которого определяется параметрами элементов R7, R8, C4. При необходимости, частоту можно подстроить подбором значения резистора R7. На выходах «А» и «В» микросхема генерирует сигналы U<sub>gvt1</sub> и U<sub>gvt3</sub> соответственно, причем амплитуда их немного (1..1,5В) меньше напряжения питания микросхемы (вывод15 «U<sub>cc</sub>»).

На выводе 16 микросхемы (U<sub>ref</sub>) присутствует стабилизированное напряжение, величиной +5В, которое используется в схеме преобразователя в качестве опорного.

Вход 1 («/ IN») микросхемы позволяет изменять скважность одновременно обоих выходных сигналов – «А» и «В». Данный вход используется для регулировки действующего значения выходного напряжения преобразователя. Регулировка осуществляется при помощи резистора R8.

Вход «SFST» предназначен для осуществления «мягкого старта», т.е. постепенного увеличения длительности выходного сигнала для защиты силовых транзисторов от перегрузки при запуске. Длительность времени запуска определяется ёмкостью конденсатора C5 и имеет заметное значение при ёмкости свыше 1мкФ. На компараторах DA2A, DA2B собрана схема защиты преобразователя от перегрузки выхода. Схема реагирует на токи силовых ключей.

Вход 10 «SHT» является управляющим входом микросхемы. При отсутствии на нём напряжения, все выходы микросхемы работают, как описано выше, при наличии на нём напряжения +5...+12В выходы «А» и «В» переходят в высокоимпедансное состояние, что, в свою очередь, приводит к выключению ключей VT1, VT2, VT3, VT4. Опорное напряжение на выводе Uref сохраняется всегда.

Вход «SHT» используется для управления микросхемой при переключении питания ~220В или +12В. Более подробно описание микросхемы SG3525 приведено в её фирменном техническом описании.

Элементы C13, R19 а также R20, C14 предназначены для подавления высокочастотных колебаний, возникающих при выключении силовых ключей. Управляющие сигналы для ключей VT1, VT2 и VT3, VT4 генерируются непосредственно на выводах «А» и «В» микросхемы DA1 как описано выше. Для управления ключом VT5, VT6 предназначена дополнительная схема на основе транзистора VT7. Ключ VT5, VT6 «закрывает» ток обмоток трансформатора через диоды VD7 и VD8 во время пауз. Для обеспечения открывания его, формируется повышенное напряжение («+24В») при помощи диода VD11 и конденсатора C15. Когда транзистор VT7 закрыт, напряжение «+24В» воздействует на затвор транзисторов VT5, VT6 из-за чего они находятся в проводящем состоянии. Когда транзистор VT7 открыт, к затворам VT5, VT6 относительно истока прикладывается напряжение -12В и они закрыты. VT5, VT6 должны быть закрыты во время работы двух основных силовых транзисторов, для чего на базу VT7 через диоды VD12 и VD13 поступают управляющие сигналы с выводов «А» и «В». Ключ VT5, VT6 также должен быть закрыт при воздействии на вход SHT микросхемы отключающего сигнала (+5В), для чего запирающее напряжение подводится к базе VT7 через диод VD14.

Резисторы R22 и R18 служат для надёжного запираения силовых транзисторов при отключении микросхемы DA1 по входу «SHT», когда её выходы имеют высокое сопротивление. Резистор R34 необходим для разрядки конденсатора C15 после выключения устройства. При его отсутствии транзистор VT5, VT6 может выйти из строя в случае выключения, а затем быстрого (1...3сек) включения устройства при наличии напряжения сети. Заряд конденсатора C15 сохраняет транзисторы VT5, VT6 в проводящем состоянии до следующего включения, и, если преобразователь подключен к сети, через них может пройти большой импульсный ток.

Цепочка R14, C8 защищает микросхему DA1 от перенапряжений по питанию и предотвращает возможность возникновения нежелательных паразитных колебаний. При отсутствии данной цепочки (конденсатора C8) и при плохом контакте с аккумулятором (например, из-за шевеления зажимами для подключения аккумулятора во время работы преобразователя) импульсы напряжения от обмоток трансформатора T1 через открытый ключ VT5, VT6 поступают на микросхему DA1 и могут вывести её из строя.

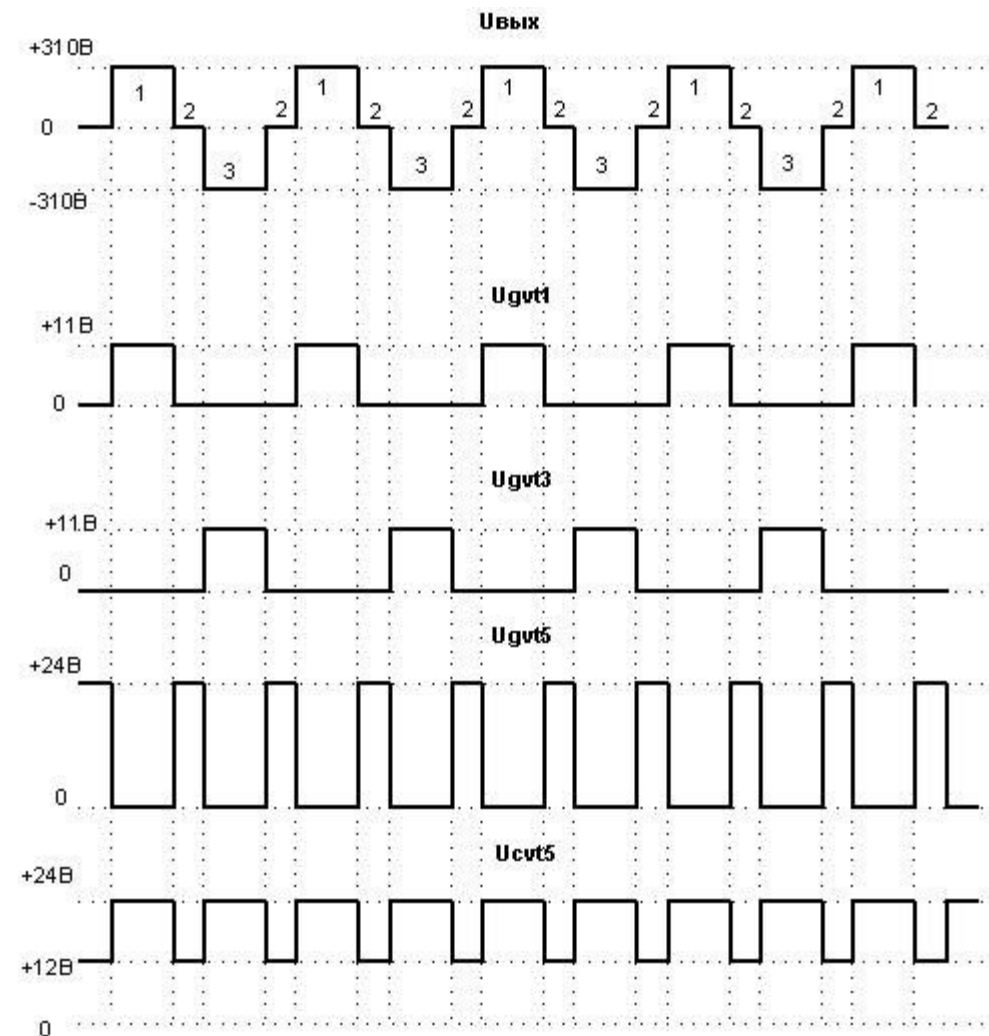


Рис2. Сигналы управления силовыми ключами

### 3.3. Описание переключателя источника питания 12В –220В.

Напряжение сети ~220В может в произвольный момент времени появиться или исчезнуть на вилке X1 преобразователя. Для осуществления бесперебойного питания нагрузки (гнезда X2) служит схема переключения источника питания.

В зависимости от наличия сетевого напряжения, схема управляет контактами реле K1 и включает (выключает) преобразователь 12В – 220В по входу «SHT» микросхемы DA1. В обесточенном состоянии обмотки реле K1 его контакты K1.1 нормально разомкнуты, обеспечивая отключение преобразователя от сети.

Сетевое напряжение выпрямляется диодным мостиком VD1-VD4 и подаётся на оптрон DA4. Оптоин управляет, в свою очередь, ключом VT13, который подключает напряжение +5В ко входу SHT микросхемы DA1, вызывая остановку преобразователя. Ключ на VT13 обеспечивает задержку выключения преобразователя после появления напряжения в сети. Задержка обеспечивается процессом разрядки конденсатора C17 от напряжения +5В до примерно +3В через резистор R29. Время задержки составляет примерно 40 мс, т.е. около двух периодов сети. Задержка необходима для завершения переходных процессов в сети при появлении напряжения. При пропадании напряжения сети необходимо обеспечить быстрый запуск преобразователя, что обеспечивается нелинейностью характеристик диодов VD17, VD18. Зарядка конденсатора всего на 50 мВ приводит к запираанию указанных диодов и выключению транзистора VT13, что, в свою очередь, приводит к быстрому запуску преобразователя. Ключ на транзисторе VT8 включает реле K1 при наличии сетевого напряжения и выключает при отсутствии его.

Резисторы R5 и R30 совместно с напряжением отпираания оптрона DA4 определяют значение напряжения в сети, при котором происходит переключение питания нагрузки от сети к преобразователю. Слишком малое значение указанного напряжения может вызывать сбой в нагрузке при переключениях.

### 3.4. Описание схемы защиты от перегрузки.

При перегрузке преобразователя (подключения к выходу нагрузки с слишком малым сопротивлением) происходит уменьшение индуктивности трансформатора и, как следствие, уменьшение постоянной времени нарастания тока силового ключа. Поэтому, при малых сопротивлениях нагрузки, в конце рабочего такта, ток открытого силового ключа превышает расчетное значение для номинальной нагрузки, а при ещё более малых сопротивлениях нагрузки сердечник трансформатора может выйти за пределы линейного участка петли намагничивания, что приводит к резкому увеличению тока и разрушению ключа. Для устранения описанного явления, в преобразователе предусмотрен датчик тока нагрузки (участок дорожки на печатной плате от силовых ключей до провода «-» аккумулятора), падение напряжения на котором управляет длительностью включенного состояния силовых ключей (длительность участков 1 и 3 на Рис.1).

При превышении током ключей значения, задаваемого резистором R1, схема защиты выключает преобразователь и пытается вновь его запустить, примерно, через 1.5 сек, причём запуск «мягкий». Если перегрузка выхода не снята – преобразователь вновь отключается.

### 3.5. Описание автоматического зарядного устройства.

Автоматическое зарядное устройство предназначено для:

- зарядки аккумулятора при наличии напряжения сети ~220В;
- предотвращения перезарядки аккумулятора;
- контроля разрядки аккумулятора с автоматическим выключением преобразователя при падении напряжения на аккумуляторе ниже 10.5В.

Для зарядки аккумулятора от сети предназначена дополнительная обмотка трансформатора (вывод 11) с напряжением ~13В. Напряжение этой обмотки складывается с напряжением вторичной обмотки (~8В) и выпрямляется диодом VD15, который конструктивно находится на одном радиаторе с транзистором VT5. Таким образом, в точке соединения диода VD15 и резисторов R40, R41 получается импульсное отрицательное напряжение, амплитудой 2-3В и частотой сети. Выпрямитель однополупериодный. При наличии напряжения сети, преобразователь выключен по входу «SHT». По цепи R33, эмиттер – коллектор VT9, затвор VT10 протекает ток, открывающий транзистор VT10. В результате происходит зарядка аккумулятора. Ток зарядки определяется напряжением вторичных обмоток трансформатора, напряжением на аккумуляторе и величиной сопротивления резисторов R39, R40. Во время зарядки аккумулятора светится светодиод VD16 «Зарядка».

Для предотвращения перезарядки аккумулятора установлен компаратор DA2C, который сравнивает напряжение аккумулятора с опорным. При зарядке аккумулятора до значения напряжения примерно 14,5В компаратор переключается в состояние, когда на его выходе устанавливается напряжение «0В», при этом включается VT11 а VT10 выключается. Зарядка аккумулятора прекращается, светодиод VD16 гаснет, светодиод VD23 «Заряден» загорается. Резисторы R50 и R51 обеспечивают необходимый уровень срабатывания компаратора, конденсатор C20 фильтрует переменную составляющую, резистор R49 обеспечивает гистерезис по напряжению срабатывания. После прекращения зарядки, напряжение на аккумуляторе начинает уменьшаться со скоростью, зависящей от состояния аккумулятора (саморазряд) и других факторов. При уменьшении напряжения примерно до уровня 13В компаратор переключится в исходное состояние и процесс зарядки повторится.

Таким образом, аккумулятор при наличии напряжения сети все время находится под напряжением 13...14,5В, а зарядка его производится импульсным током. Вместе с предотвращением разрядки аккумулятора до напряжения ниже 10,5В, эти факторы способствуют поддержанию наилучшего состояния кислотного аккумулятора.

За напряжением при разрядке аккумулятора «следит» компаратор DA2D. При понижении напряжения аккумулятора ниже порогового, задаваемого делителем R45, R46, выход компаратора переключается в «0», выключая преобразователь посредством транзистора VT13. При этом загорается светодиод VD24 «Разряжен». После отключения нагрузки, напряжение на аккумуляторе начинает возрастать, что может вызвать повторное, нежелательное, включение преобразователя. Для предотвращения этого служит резистор R47, устанавливающий гистерезис по уровню переключения.

#### 4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

4.1 Выходная мощность преобразователя, не менее, 150Вт.

4.2. Род тока – квазисинусоидальный, частота – 50Гц.

4.3. Действующее выходное напряжение – 220В ± 20В.

4.4. Номинальное напряжение аккумулятора - 12В.

4.5. Преобразователь снабжен устройством автоматического отключения нагрузки при разряде аккумулятора ниже напряжения 10,5В.

4.6. Преобразователь снабжен автоматическим зарядным устройством. Заряд аккумулятора производится током 3А до напряжения 14,5В.

4.7. Преобразователь автоматически переключает нагрузку (потребителя электроэнергии ~220V) с питания от сети на питание от аккумулятора и наоборот, т.е. может быть использован в качестве источника бесперебойного питания для компьютера.

4.8. Напряжение сети, при котором происходит переключение на питание от аккумулятора - 190±10В.

4.9. Масса преобразователя, не более – 2 кг.

#### 5. ПОРЯДОК НАСТРОЙКИ.

5.1. Приборы и принадлежности, необходимые для проведения настройки.

Для настройки преобразователя желательно располагать:

осциллографом;

блоком питания с регулируемым в пределах от 10В до 15В постоянным напряжением и током нагрузки до 10А;

блоком питания 12В и максимальным током 30А (можно использовать аккумулятор);

вольтметром переменного тока;

вольтметром постоянного тока;

лампами 100Вт ~220 В, используемыми в качестве нагрузки.

5.2. Настройка преобразователя состоит из двух этапов:

настройка платы,

настройка преобразователя в целом.

### 5.2.1. Настройка платы.

5.2.1.1. Проверить правильность монтажа платы.

5.2.1.2. Подключить источник регулируемого напряжения между корпусом платы и точкой «б» (см. схему). При помощи перемычки замкнуть точку «б» и точку «1». Трансформатор Т1 а также сеть не подключать.

5.2.1.3. Установить напряжение +12В. При помощи осциллографа проверить сигналы на затворах силовых ключей на соответствие Рис.2. Сигнал на затворе ключа VT5,VT6 будет иметь амплитуду менее 12В, поскольку трансформатор не подключен. Проверить состояние реле К1. Оно должно быть обесточено, а контакты К1.1 – разомкнуты.

5.2.1.4. Проверить и, при необходимости, подбором резистора R7 установить период следования импульсов в пределах 17 – 20 мс (60 – 50 Гц).

5.2.1.5. Подстроечным резистором R6 установить длительность управляющих импульсов в пределах 5-6 мс.

5.2.1.6. Установить напряжение питания в пределах (10.2 –10.4)В. Убедиться, что светодиод VD24 «Разряжен» засветился, а управляющие импульсы пропали. На входе SHT микросхемы DA1 должно появиться напряжение +5В. При необходимости, подобрать номинал сопротивлений R45, R46. Установить напряжение источника питания +12В.

5.2.1.7. Подключить шнур для сети ~220В к точкам «4» и «5» платы. При включенном источнике питания +12В подать напряжение сети. На входе SHT микросхемы DA1 должно появиться напряжение +5В, управляющие силовыми ключами сигналы должны исчезнуть, а светодиод VD16 «Зарядка» должен засветиться. Проверить состояние реле К1. Оно должно быть включено, а его контакты К1.1 - замкнуты.

5.2.1.8. Медленно поднимать напряжение источника питания до срабатывания светодиода VD23 «Заряжен», но не выше 15В. Светодиод должен загораться при напряжении источника в пределах (14.2-14.5) В. При несоответствии, подобрать номиналы резисторов R50, R51.

### 5.2.2. Настройка преобразователя в целом.

5.2.2.1.Собрать преобразователь в полном соответствии со схемой.

5.2.2.2.Отключить сеть, подключить источник +12В, включить выключатель. Должен загореться светодиод VD5 «Выход». Проконтролировать форму и амплитуду сигналов на стоках транзисторов и на выходе. Выключить преобразователь выключателем, подключить лампу 100Вт. Включить преобразователь (напряжения сети не должно быть). Проверить вольтметром напряжение на лампе. При необходимости, установить его значение в пределах (230-240)В подстроечным резистором R6.

5.2.2.3.Подключить преобразователь к аккумулятору и к сети. Включить. Должны загореться светодиоды VD5 «Выход», VD19 «Сеть», VD16 «Зарядка». Измерить напряжение на резисторе R40. По закону Ома посчитать ток зарядки аккумулятора. Иметь в виду, что ток зарядки зависит от напряжения на аккумуляторе и напряжения в сети. Проверить температуру транзистора VT10 и резистора R40. При необходимости, подобрать R40. Выключить преобразователь.

5.2.2.4. Подключить к выходу три лампы по 100 Вт, подключить осциллограф к стоку любого силового ключа. Отключить сеть, подключить аккумулятор. Включить преобразователь. Убедиться, что длительность импульсов на выходе при перегрузке уменьшается.

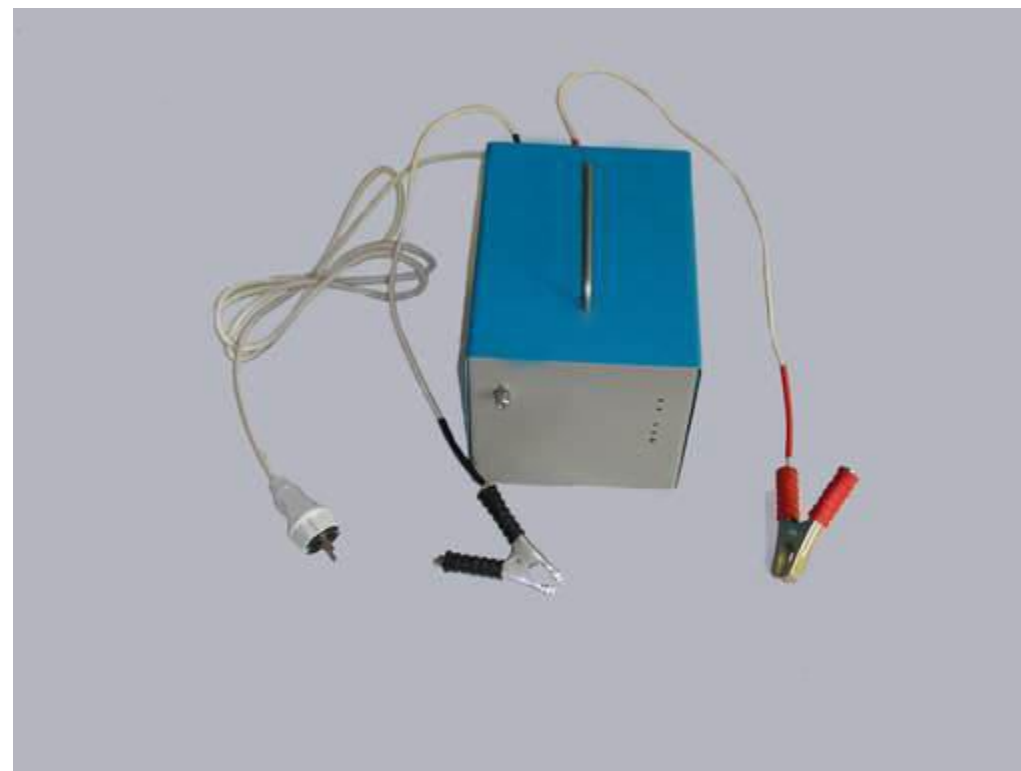
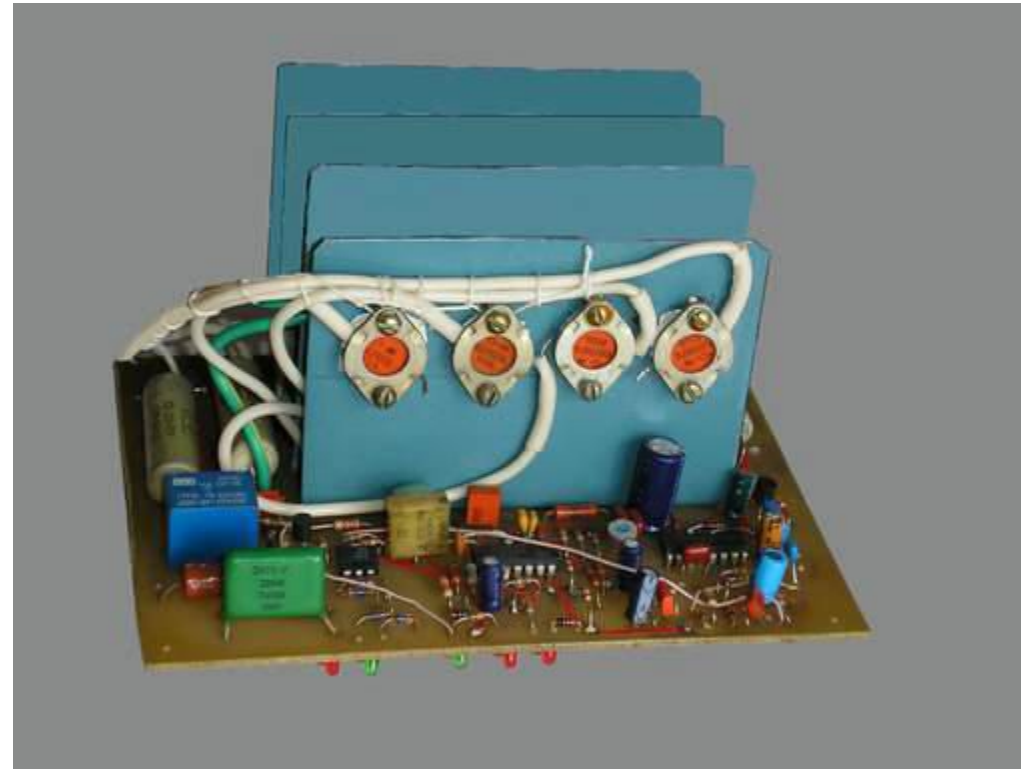
5.2.2.5.Подключить преобразователь к сети и к аккумулятору или источнику напряжения. К выходу подключить нагрузку 100Вт. Включить преобразователь. Включая и отключая сеть, убедиться в бесперебойности подачи напряжения на нагрузку.

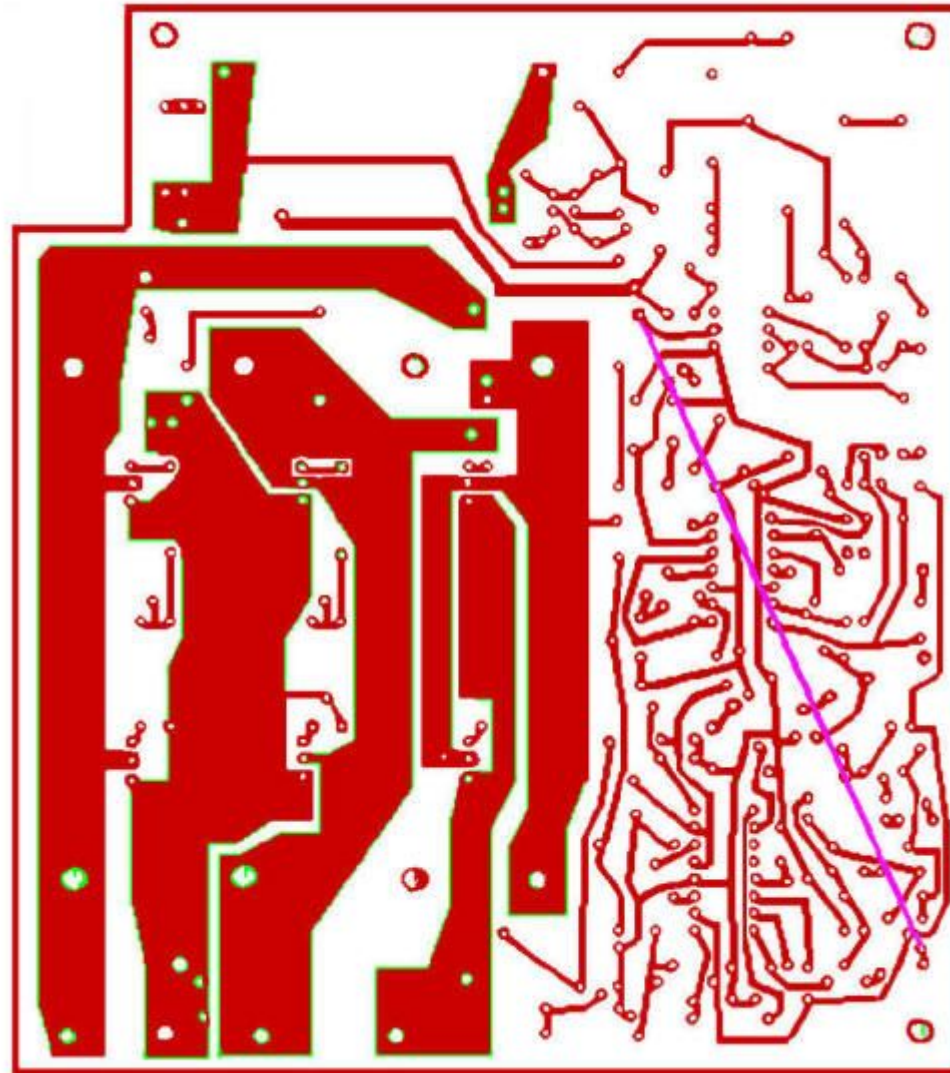
## 6. КОНСТРУКЦИЯ

Преобразователь выполнен одноплатным (см.Фото 2). Силовые ключи размещены на алюминиевых «Г»образных пластинах, без электрической изоляции и установлены на плате. Диоды VD7, VD8 размещены на одном радиаторе с VT5,VT6. Трансформатор Т1 – стандартный, типа ТН61. Можно использовать трансформатор другого типа (с такими же напряжениями вторичных обмоток), причем схема преобразователя позволяет получать выходную мощность до 250Вт без изменений – требуется заменить только Т1 на более мощный. Проводники от аккумуляторной батареи и до силовых ключей должны быть рассчитаны на ток не менее 20А.

Преобразователь помещен в металлический корпус (фото 3).

Рисунок печатной платы приведен на Фото4,5. Плата двухсторонняя, размеры -125x155x2.0 мм.





Примечание: на рисунке платы могут быть ошибки, её следует проверять по схеме.

