

### Источник бесперебойного питания

Не стоит очень долго распространяться по поводу, практикуемых в данное время, плановых и unplanned отключений электроэнергии. Видимо это явление на себе испытали все жители СНГ, в особенности Украины и Молдовы.

В момент отключения, современный человек, привыкший к информационному изобилию, попадает в своеобразный вакуум, когда не работает не только освещение, но и телевизор, радио, компьютер.

Очень полезным в данной ситуации оказался бы некий альтернативный источник энергии, заполняющий прорехи в ненадежном электроснабжении. Таким альтернативным источником по праву мог бы стать источник бесперебойного питания (далее просто ИБП), работающий совместно с аккумуляторной батареей. Принцип работы ИБП очень простой – контролировать и заряжать аккумулятор, когда есть напряжение сети, и формировать, из ранее запасённой в аккумуляторе энергии, переменное напряжение 220В 50Гц, когда напряжение сети отсутствует. Разумеется, ИБП все свои функции должен выполнять автоматически.

В настоящее время на рынке Украины и других стран СНГ появились импортные источники бесперебойного питания UPS различных фирм производителей. В основном UPS рассчитаны на работу совместно с компьютерами и предотвращают их зависания и сбои в условиях ненадёжного электроснабжения.

Исходя из вышесказанного, характерными особенностями этих источников является очень маленькое время работы от аккумулятора (от 3 до 25 минут) и то, что они в основном рассчитаны на работу с нагрузкой активного или активно-емкостного характера. Реальности же таковы, что отключение на 2 часа и больше. К тому же хотелось бы, при необходимости, подключить к ИБП и лампу дневного света, и телевизор, в блоке питания которого используется силовой трансформатор. Возникает справедливый вопрос – а нельзя ли адаптировать импортные UPS под наши условия? К сожалению, схемотехника и исполнение UPS таковы, что не допускают их полноценную адаптацию. А если нельзя купить и адаптировать готовый UPS, то есть смысл сделать самим такой ИБП, который будет соответствовать нашим требованиям, да и обойдется он гораздо дешевле.

Сформируем основные требования к ИБП.

1. Какова должна быть его выходная мощность?

Разумеется, выходная мощность ИБП должна быть не меньше мощности потребляемой нагрузкой. Так как наш ИБП призван обеспечивать бесперебойное питание телевизора или бытового компьютера, то его мощность должна быть не менее 300 *вт* (этой мощности хватит, чтобы потянуть любой телевизор, от переносного малыша до такого “мастодонта”, как УЛПЦТ).

В качестве аккумулятора выберем кислотный автомобильный аккумулятор напряжением 12 *в* и ёмкостью 60 *а/час*. Будем считать, что не представляет большого труда приобрести такой аккумулятор (те, у кого есть легковой автомобиль, располагают таким аккумулятором автоматически).

Время непрерывной работы ИБП определяется параметрами аккумуляторной батареи и мощностью нагрузки:

$$T = Q \cdot U / P$$

Где

P – мощность ИБП в *вт*;

Q – ёмкость аккумулятора в *а/час*;

U – напряжение аккумулятора в *в*;

T – время непрерывной работы в *час*.

Тогда

$$T = 60 \cdot 12 / 300 = 2,4 \text{ час.}$$

Реально, при нагрузке 300 *вт*, время непрерывной работы несколько меньше расчётного. Компьютер с процессором Pentium 166ММХ и обычной конфигурацией будет непрерывно работать около 6 часов.

2. Какова должна быть форма выходного напряжения?

Желательно, чтобы во всех режимах своей работы ИБП выдавал синусоидальное напряжение. Но формирование синусоиды, в режиме преобразователя, связано с определёнными трудностями, решение которых приводит к увеличению массы и стоимости ИБП. Практика показала, что обычное электрооборудование вполне сносно работает на прямоугольном напряжении, которое формируется с гораздо меньшими аппаратными затратами, чем синусоида. В случае крайней необходимости получения синусоидального напряжения, можно питать нагрузку ИБП, через феррорезонансный стабилизатор, который в этом случае играет роль фильтра первой гармоники.

3. Для обеспечения устойчивого запуска бытового электрооборудования и для повышения надежности работы, необходимо оборудовать ИБП быстродействующей электронной защитой по току (120 а), и инерционной тепловой защитой плавким предохранителем (50 а).

После обоснования основных параметров ИБП приведем остальные его технические параметры.

При колебании напряжения питающей электросети в диапазоне от 165 вольт до 242 вольт ИБП работает в режиме корректора сетевого напряжения, обеспечивая на выходной розетке напряжение 220В  $\pm 10\%$  и, при необходимости, заряжает аккумулятор. В отличие от импортных UPS, которые, в основном, отслеживают только понижение напряжения сети, предлагаемый ИБП контролирует и повышение напряжения сети выше 242 вольт. В отличие от заграницы, появление в розетке напряжения величиной 380 вольт для нас не является большой редкостью, а новый телевизор или компьютер нам, взамен сгоревшего, никто не купит.

В случае отключения напряжения питающей сети или выхода его величины за указанные границы, ИБП быстро (за время не более 20 мсек) переходит в режим преобразователя электроэнергии и преобразует напряжение аккумуляторной батареи в переменное напряжение 220 в  $\pm 10\%$ , 50 гц  $\pm 1\%$ .

После восстановления нормального напряжения питающей электросети ИБП быстро (опять же за время не более 20 мсек) переходит в режим корректора сетевого напряжения,

Кроме этого ИБП в своем составе содержит автоматическое зарядное устройство, которое, при наличие сетевого напряжения, производит полную зарядку аккумуляторной батареи током 5.5 а.

В режиме преобразователя ИБП не допускает полной разрядки аккумуляторной батареи (что может привести к ее повреждению), и отключается от нее, если напряжение аккумуляторной батареи снизилось до минимальной величины 10.8 в. В этом случае ИБП переходит в дежурный режим и находится в нем до момента появления напряжения сети. После появления напряжения сети ИБП переходит в режим корректора напряжения и автоматического зарядного устройства. В дежурном режиме ИБП абсолютно не потребляет энергию аккумулятора.

#### Описание схемы:

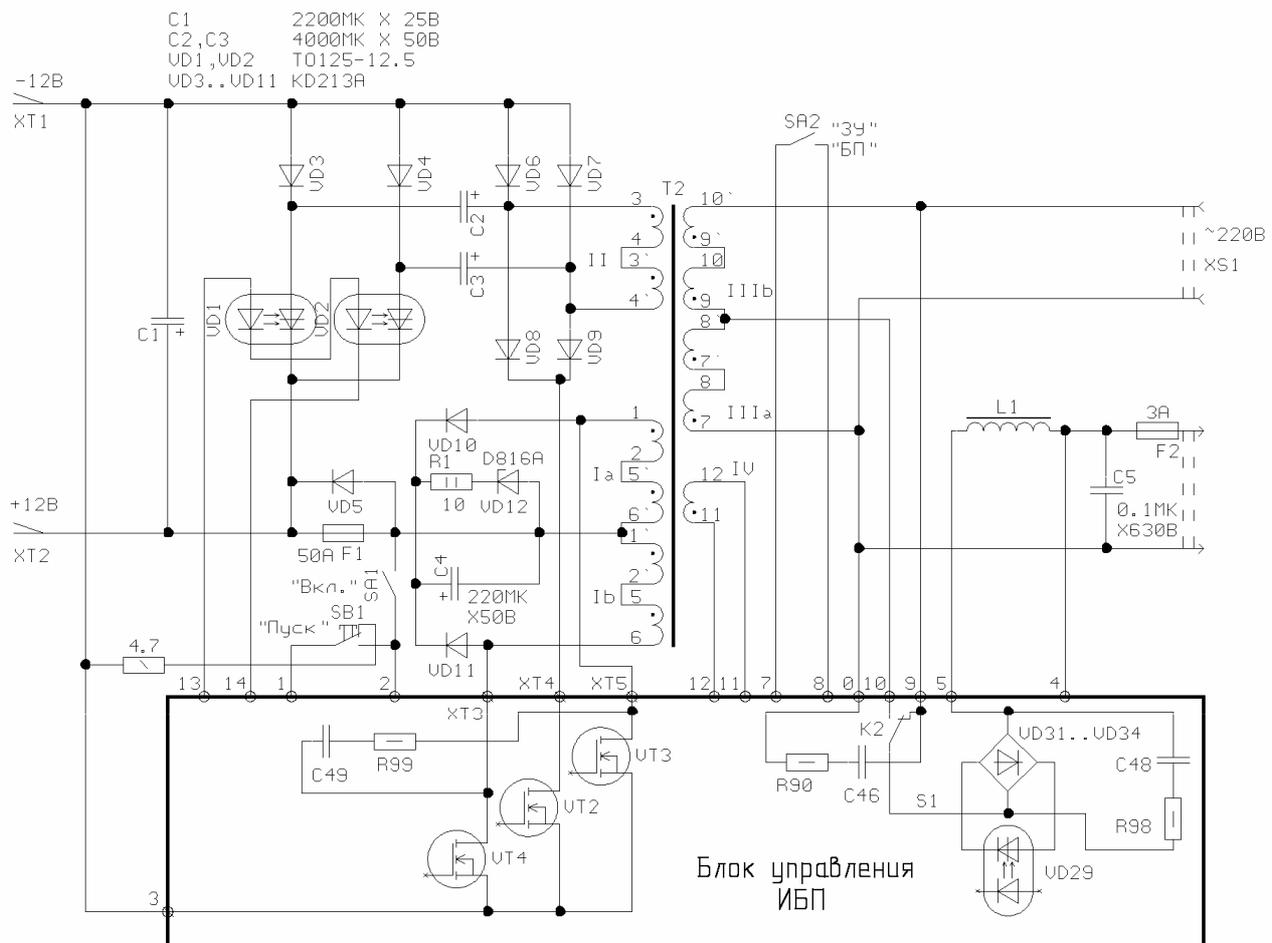


Рис. 1

ИБП

Схема электрическая принципиальная

ИБП во всех режимах своей работы использует один силовой трансформатор Т2. Это решение хотя и предусматривает наличие дополнительных коммутирующих цепей и, следовательно, более сложную схему управления, но зато позволяет значительно снизить массогабаритные параметры ИБП и его общую стоимость.

На рис.1 изображена силовая электрическая схема ИБП.

С помощью клемм ХТ1 (-12В) и ХТ2 (+12В) к ИБП подключается аккумулятор. Через предохранитель F1 (50 а), защищающий преобразователь ИБП от перегрузки, напряжение +12 в поступает в среднюю точку обмотки I силового трансформатора Т2. Далее напряжение +12в через тумблер SA1 “Вкл”, кнопку SB1 “Пуск” и клеммы 1, 2 поступает на схему управления ИБП. Напряжение -12 в подключается непосредственно к отрицательным выводам выпрямительных мостов VD1..VD4 и VD6..VD9, а так же через клемму 3 к схеме управления ИБП.

Автоматическое зарядное устройство состоит из управляемого моста VD1 .. VD4 и токоограничивающих конденсаторов С2, С3. Схема зарядного устройства выполнена по мотивам [1]. В отличие от прототипа токоограничивающие конденсаторы перенесены во вторичную цепь трансформатора, что сняло проблему дополнительных коммутаций в цепи сетевой обмотки III трансформатора Т2 и позволило избежать возможности паразитного резонанса конденсатора с индуктивностью трансформатора в режиме холостого хода. Ёмкость конденсаторов С2, С3 можно определить по формуле:

$$C = I_a / (2 \cdot f_c \cdot U_{ca}) = 5.5 / (2 \cdot 50 \cdot 13.45) = 4089 \text{ мкф}$$

Где  $I_a$  – ток зарядки аккумулятора,

$f_c$  – частота сети (50 гц),

$U_{ca}$  – амплитуда напряжения на конденсаторе

$$U_{ca} = 1.414 \cdot U_2 - U_a = 1.414 \cdot 18 - 12 = 13.45 \text{ в}$$

Где  $U_a$  – напряжение аккумуляторной батареи.

$U_2$  – напряжение на обмотке II трансформатора Т2.

Ввиду того, что компактных бумажных конденсаторов, с необходимой в этом случае ёмкостью, не нашлось, пришлось использовать обыкновенные полярные электролитические конденсаторы.

Характерной особенностью электролитических конденсаторов являются повышенные потери энергии ( $\text{tg}\delta=0.05 \dots 0.3$ ), обусловленные тем, что второй (катодной) обкладкой в них является электролит. Поэтому, как в этом так и во всех других случаях их применения, нужно оценивать величину активных потерь в конденсаторе, чтобы не вызвать его чрезмерного перегрева. В [2, 3] содержатся некоторые рекомендации по расчету допустимых нагрузок конденсаторов и некоторые необходимые справочные данные. Активная мощность потерь в конденсаторе равна:

$$P_p = P_r \cdot \text{tg}\delta$$

Где  $\text{tg}\delta$  - тангенс угла потерь, а  $P_r$  – реактивная мощность конденсатора.

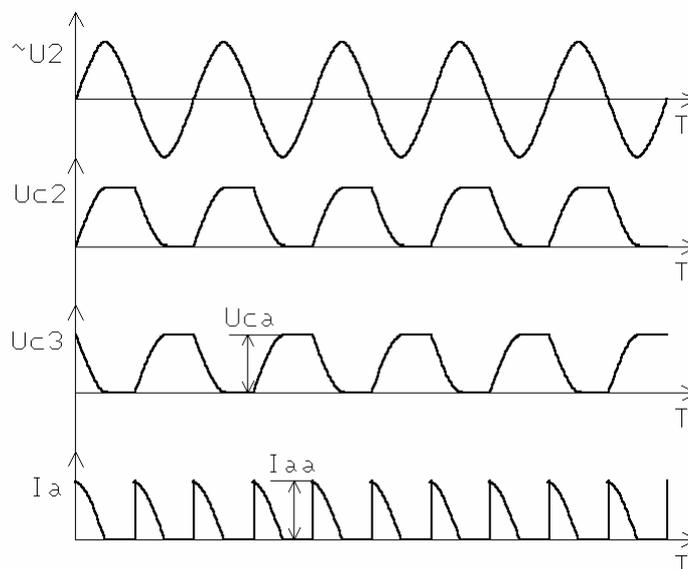


Рис. 2

На рис.2 изображены диаграммы напряжений и тока в схеме зарядного устройства. Здесь  $\sim U_2$  – напряжение на обмотке II трансформатора Т2,  $U_{c2}$ ,  $U_{c3}$  – напряжения на конденсаторах С2, С3 и  $I_a$  - зарядный ток аккумулятора. Напряжения на конденсаторах сформировано из постоянной составляющей и четвертинок синусоиды, а зарядный ток представляет собой последовательность импульсов из четвертинок косинусоиды (больше это ни как не назовёшь). Определим реактивную мощность конденсатора как:

$$P_p = 2 \cdot f_c \cdot U_{ca} \cdot I_{aa} \cdot \int_0^{0.005} \sin(\omega t) \cdot \cos(\omega t) dt = 0.159 \cdot U_{ca} \cdot I_{aa}$$

Где  $I_{aa}$  – амплитуда зарядного тока.

$$I_a = 2 \cdot f_c \cdot \int_0^{0.005} \cos(\omega t) dt = 0.318 \cdot I_{aa}$$

Отсюда

$$I_{aa} = I_a / 0.318 = 5.5 / 0.318 = 17.3 \text{ а}$$

$$P_p = 0.159 \cdot 13.45 \cdot 17.3 = 37 \text{ вар}$$

Для конденсатора К50-6, при температуре выше 20°C,  $\text{tg}\delta=0.2$ [3].

Отсюда

$$P_{\text{п}} = 37 \cdot 0.2 = 7.4 \text{ вт}$$

Рассчитаем температуру перегрева  $\Delta T$  наиболее нагретой точки конденсатора над температурой окружающей среды [3].

$$\Delta T = P_{\text{п}} / (\alpha \cdot S)$$

Где  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи,

$S$  – боковая поверхность конденсатора.

Для конденсатора небольших габаритов из неокрашенного металла  $\alpha=9.3 \cdot 10^{-4}$ . Предварительно считаем, что в качестве  $C_2$  и  $C_3$  используем по четыре конденсатора К50-6 1000 мкф х 50 в, включенных параллельно. В этом случае величина  $S = 400 \text{ см}^2$ .

$$\Delta T = 7.4 / (9.3 \cdot 10^{-4} \cdot 400) = 20^\circ\text{C}$$

Температура окружающей среды не должна превышать значения:

$$T_{\text{окр}} = T_{\text{макс}} - \Delta T = 70 - 20 = 50^\circ\text{C}$$

Так как температура в жилых помещениях не поднимается выше 35°C, то температурный режим конденсаторов гарантирован.

Диоды блокирующей цепи VD6, VD7 предотвращают появление напряжения обратной полярности на конденсаторах C2, C3.

На транзисторах VT3, VT4 и трансформаторе T2 собран обыкновенный преобразователь постоянного напряжения в переменное. Дополнительно преобразователь содержит специальную блокирующую цепь, состоящую из транзистора VT2, обмотки II трансформатора T2 и диодного моста VD6..VD9. Эта цепь позволяет формировать паузы в выходном напряжении преобразователя. Наличие этой цепи позволяет за счет ШИМ стабилизировать действующее значение выходного напряжения преобразователя, а так же получать соотношение действующего и амплитудного значений выходного напряжения преобразователя более близкое к подобному параметру синусоиды. Последнее обстоятельство может оказаться немаловажным при работе ИБП на нагрузку оснащенную защитой от понижения напряжения (например телевизоры ЗУСЦТ, 4УСЦТ и им подобные). При работе на индуктивную нагрузку блокирующая цепь устраняет выбросы на выходном напряжении преобразователя, а также значительно снижает уровень электромагнитных помех.

Цепь, состоящая из диодов VD10 и VD11, стабилитрона VD12, конденсатора C4 и резистора R1, служит для рассеивания энергии накопленной в индуктивности рассеяния обмоток трансформатора T2 в режиме к.з. нагрузки преобразователя.

Обратный диод VD5 создаёт путь для рекуперации в аккумулятор энергии, накопленной в индуктивности нагрузки и трансформатора, в случае перегорания предохранителя F1.

Конденсатор C1, включенный параллельно цепи питания 12 в, уменьшает влияние индуктивности присоединительных проводов на процесс рекуперации.

В режиме преобразователя LC-цепочка L1C5 и RC-цепочка R98C48, установленная в блоке управления ИБП, ограничивают скорость нарастания напряжения на оптотиристоре VD29 сетевого выключателя и тем самым предотвращают его самопроизвольное открытие.

Обмотки I и III трансформатора T2, соответственно, демпферированы RC-цепочками R99C49 и R90C46, установленными в блоке управления ИБП.

При наличии сетевого напряжения, величина которого находятся в ранее оговоренных пределах, ИБП автоматически переходит в режим корректора сетевого напряжения и автоматического зарядного устройства (далее просто режим корректора).

Напряжение сети через сетевую вилку XP1, предохранитель F2 (3 а), дроссель L1, сетевой выключатель, состоящий из диодного моста VD31 .. VD34 и оптотиристора VD29, через контакты реле K2 поступает на обмотку III трансформатора T2. Предохранитель F2 защищает ИБП при его работе в режиме корректора и зарядного устройства. Коррекция сетевого напряжения осуществляется за счет переключения выводов 8'-9 и 10' обмотки III трансформатора T2 переключающим контактом реле K2. При подаче сетевого напряжения на выводы 8'-9 и 7 обмотки III трансформатора T2, последний работает в режиме повышающего автотрансформатора, что позволяет обеспечивать нормальное питание нагрузки даже при очень сильно пониженном напряжении сети (вплоть до 165 вольт).



сокращает время, необходимое на подбор фазы генератора, после перехода ИБП в режим преобразователя. Описанная особенность задающего генератора позволяет легко осуществлять его синхронизацию. При переходе ИБП в режим преобразователя, сигнал MODE принимает низкий уровень, VT1 открывается, диод VD4 запирается и отключает резистор R3, шунтирующий цепочку R4, R5. Частота задающего генератора возвращается к номиналу. Одновременно открывается транзистор VT12 и светодиод VD9 сигнализирует о том, что ИБП находится в режиме преобразователя и что идёт разрядка аккумулятора.

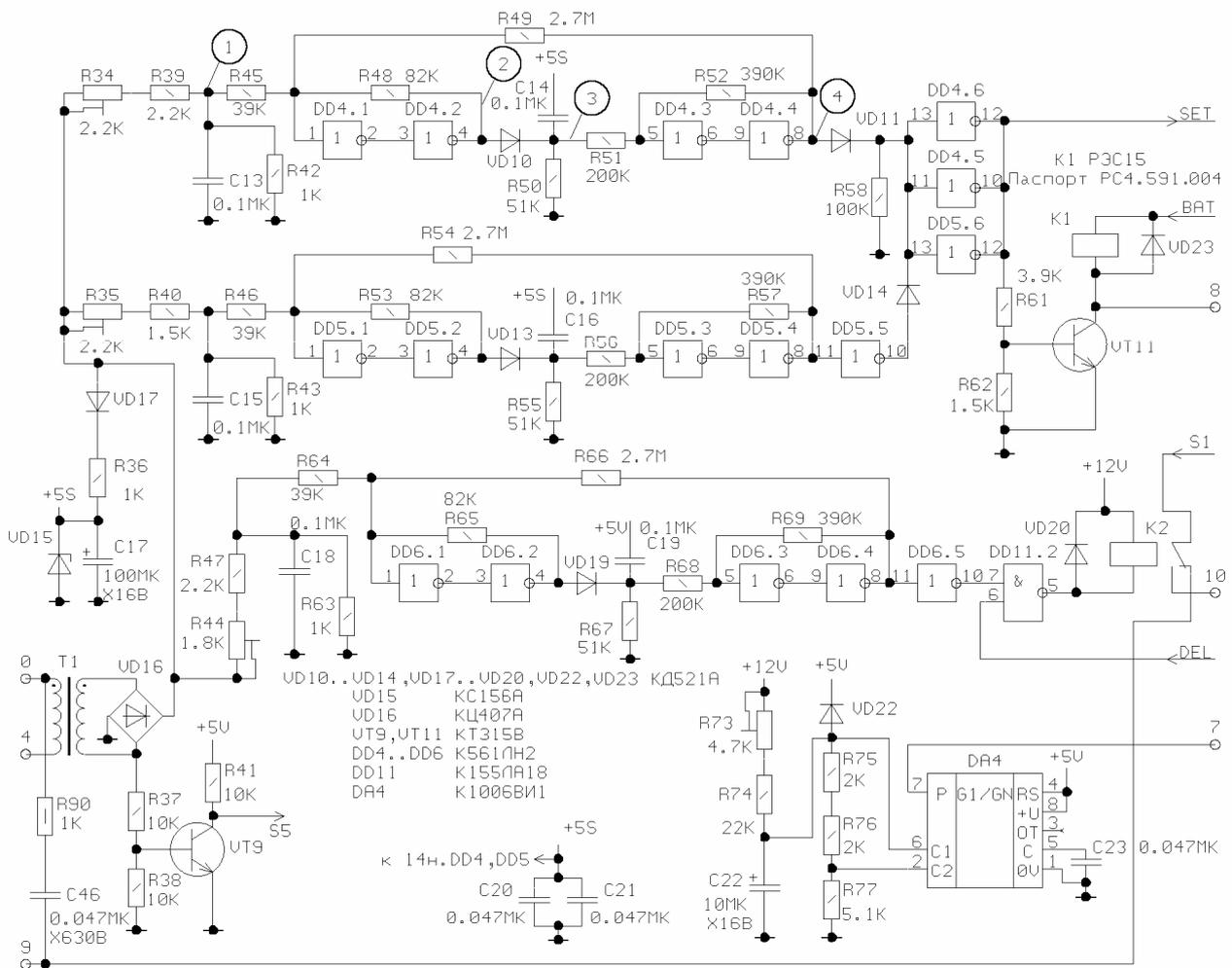
В процессе разрядки напряжение аккумулятора меняется от 14.3 вольт до 10.8 вольт, т.е. на 30%, что приводит к пропорциональному изменению выходного напряжения преобразователя. Практика показала, что наиболее опасно и заметно колебание действующего значения выходного напряжения. Именно к этому значению чувствительны осветительные приборы, а так же накалы электронных ламп и кинескопа телевизора. С другой стороны, благодаря встроенным стабилизаторам размера раstra и напряжения, колебание амплитудного значения выходного напряжения практически ни как не отражается на работе телевизора или компьютера. Для стабилизации действующего значения выходного напряжения осуществляется его широтно-импульсная модуляция (ШИМ). ШИМ осуществляется с помощью одновибратора, собранного на DA3. Напряжение аккумулятора, через стабилитрон VD2 и RC-цепочку R8C6 поступает на вход одновибратора. Стабилитрон VD2 позволяет получить нужную зависимость между напряжением на аккумуляторе и действующим значением выходного напряжения. Резистор R7 служит для создания рабочего режима работы стабилитрона VD2. В начале каждого полупериода, формируемого напряжения, одновибратор запускается сигналом низкого уровня, поступающим с выхода задающего генератора. Одновременно, через инверторы DD13.4 и DD11.1, производится гарантированная разрядка конденсатора C7, входящего во времязадающую RC-цепочку R10R11R12C7 одновибратора. Чем выше напряжение аккумулятора, тем более короткие импульсы будет формировать одновибратор на DA3. С выхода триггера DD1.2 меандр частотой 50 Гц поступает на 2И-элементы DD8.2 и DD8.4, где осуществляется его ШИМ импульсами, поступающими с выхода одновибратора DA3. Резистором R10 можно регулировать ширину импульсов одновибратора, а следовательно и выходное напряжение преобразователя. С выходов DD8.2 и DD8.4, широтно-модулированное напряжение поступает на 2И-элементы DD9.1 и DD9.2, а инвертированные импульсы одновибратора с выхода DD14.4 на 2И-элемент DD10.1. По второму входу этих элементов осуществляется блокировка полевых транзисторов преобразователя от цепей управления и защиты.

С выходов элементов DD9.1, DD9.2 и DD10.1 на затворы полевых транзисторов сигнал поступает через аналогичные резистивные цепочки. Резисторы R14, R17, R18 являются коллекторными нагрузками лог. элементов DD9.1, DD9.2 и DD10.1. Резисторы R15, R19, R20 ограничивают ток в цепи открытых коллекторов лог. элементов, в момент разрядки ёмкости Cзи транзисторов преобразователя, а так же выравнивают время открытия и закрытия этих транзисторов, что позволяет исключить режим прерывистых токов и снизить уровень электромагнитных помех преобразователя. Резисторы R16, R21, R22, являются антипаразитными. Эти резисторы устанавливаются непосредственно возле полевых транзисторов и устраняют паразитные ВЧ - колебания в цепях управления транзисторами преобразователя, при длинных связях между ними и платой управления. Если транзисторы установлены непосредственно на плате, то резисторы R16, R21, R22 можно исключить.

Для защиты транзисторов преобразователя от импульсных токов большой величины в схеме преобразователя применена быстродействующая электронная защита. В качестве входного сигнала защиты берется напряжение, падающее на транзисторах преобразователя, в их открытом состоянии. Датчик этого напряжения, который мы будем называть датчиком защиты, выполнен на транзисторе VT8, диодах VD5, VD6 и резисторах R29, R30, R31, R33, R100. Работает датчик защиты следующим образом. Открытый транзистор VT3 или VT4, через соответствующий диод VD5 или VD6, шунтирует ток, втекающий в схему датчика защиты через резистор R29. Если ток через транзистор меньше максимального, то на движке резистора R100 выделится напряжение недостаточное для отпириания транзистора VT8. Как только ток превысит максимально допустимый ( $\approx 120$  а), то транзистор VT8 откроется и низкий уровень с его коллектора поступит на инвертирующий вход R триггера защиты DD1.1 и опрокинет его в нулевое состояние. Низкий уровень с 5 ножки DD1.1, через 2И-элемент DD8.1 поступит на 2И-элементы DD9.1, DD9.2, DD10.1 и приведет к защитному отключению транзисторов преобразователя. Транзисторы преобразователя будут заперты до момента поступления запускающего импульса на S вход DD1.1 в начале следующего полупериода. Запускающий импульс низкого уровня поступает с выхода задающего генератора и имеет длительность  $\approx 200$  мсек. Во время наличия запускающего импульса на входе триггера DD1.1, последний удерживается в единичном состоянии в независимости от состояния входа R. Данное обстоятельство позволяет ИБП устойчиво запускаться с нагрузкой активно-емкостного характера (бестрансформаторные блоки питания электронной аппаратуры), но не приводит к повреждению транзисторов инвертора в режиме короткого замыкания.

На рис.5 изображена схема блока компараторов ИБП.

В режиме преобразователя ИБП будет работать до момента нормализации напряжения сети или пока напряжение аккумулятора не снизится до критического значения 10.8 в. Критическое напряжение аккумулятора контролируется компаратором на м/сх DA4. Здесь в качестве компаратора используется таймер K1006ВИ1. Для получения необходимых значений порога срабатывания и гистерезиса служит делитель напряжения состоящий



из резисторов R73, R74, R75, R76, R77. Резисторы R73, R74 совместно с конденсатором C22 образуют входной RC-фильтр, отсеивающий из полезного сигнала импульсные помехи. Диод VD22 защищает вход DA4 от повышения напряжения выше напряжения питания. Порог срабатывания компаратора устанавливается резистором R73. Гистерезис компаратора жестко определяется величиной резисторов R75 и R76. Пока напряжение аккумулятора выше 10.8 в, разрядный транзистор внутри DA4 открыт и соединяет 7 ножку DA4 с общим проводом. Через включенный тумблер SA2 (рис.1) низкий уровень с 7 ножки DA4 поступает на обмотку реле K1. Реле K1 включается и своими контактами создаёт цепь для прохождения напряжения 12 в в цепи BAT на внутреннюю шину +12V блока управления ИБП. Как только напряжение аккумулятора опустится ниже 10.8 в, разрядный транзистор внутри DA4 закроется, катушка реле K1 обесточится и цепь питания блока управления ИБП будет разорвана. Повторное включение возможно только после повышения напряжения аккумулятора до 12.2 в и нажатия кнопки “Пуск” SB1, или после нормализации напряжения сети, когда откроется транзистор VT11 и запитает обмотку реле K1.

Если тумблер SA2 находится в положении “ЗУ”, а его контакты разомкнуты, то, как говорилось выше, ИБП вообще не включится в отсутствии напряжения сети.

Важной частью ИБП является узел контроля напряжения сети или же компаратор сетевого напряжения, далее просто компаратор. Достаточно если компаратор будет иметь точность срабатывания не хуже 1..2% и время срабатывания не более 10мс (половина периода сетевого напряжения).

Говоря о напряжении сети, обычно имеют в виду действующее значение этого напряжения. Для контроля действующего значения напряжения обычно используются различные цифровые или аналоговые [6, 7] устройства, реализующие достаточно сложный алгоритм вычисления. Напряжение сети можно охарактеризовать, так же, через среднее или амплитудное значение. Так как напряжение сети синусоидально и обычно имеет малый коэффициент гармоник (<6%), то все эти значения напряжения связаны между собой следующими соотношениями:

$$U_a = 1.414 \cdot U_d, \quad U_{ср} = U_d / K_f,$$

Где

$U_a$  – амплитудное значение напряжения;  
 $U_d$  – действующее значение напряжения;  
 $U_{ср}$  – среднее значение напряжения,  
 $K_f$  – коэффициент формы (для синусоиды  $K_f=1.11$ )

Для контроля среднего или амплитудного значения напряжения можно использовать достаточно простые технические решения.

Сложность в том, что на входе компаратора присутствует переменное или пульсирующее напряжение, а на выходе компаратора сигнал должен быть непрерывным. Использовать здесь различные усредняющие RC или LC-фильтры нельзя, так как они вносят существенную задержку реакции компаратора на изменение напряжения сети. Следовательно, проще всего контролировать амплитудное значение напряжения. Известны преобразователи амплитудного значения напряжения, в основе работы которых лежит принцип запоминания амплитудного значения переменного напряжения на конденсаторе [6], после чего его сравнение с опорным напряжением и создание сигнала рассогласования. Такое решение оправдано, если надо преобразовать амплитудное значение напряжения в напряжение постоянного тока или код. Если же требуется контролировать один пороговый уровень, то более простое устройство можно построить на перезапускаемом одновибраторе с узлом контроля превышения уровня сетевого напряжения. В данном случае удобно то, что данное устройство можно собрать на цифровых микросхемах структуры КМОП, обладающих исключительно высокой температурной стабильностью [8]. Следует ожидать что в температурном диапазоне от +15 до +35°C, свойственном для жилых помещений, параметры переключения микросхем КМОП будут меняться не более чем на 0.6%, что гораздо лучше необходимых 1 .. 2%.

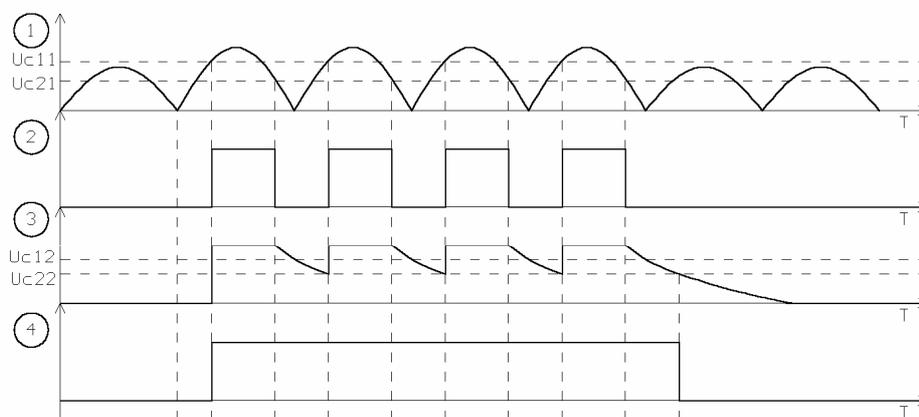


Рис. 6

В блоке компараторов ИБП, для контроля величины сетевого напряжения, используются три быстродействующих компаратора сетевого напряжения на микросхемах КМОП инверторов DD4, DD5, DD6. Компараторы аналогичны и поэтому рассмотрим только один на DD4, контролирующий превышение напряжения сети выше 242 в. Временные диаграммы напряжений в характерных точках схемы изображены на рис.6. На входной диодный мост VD16, через разделительный трансформатор T1, подано исследуемое синусоидальное напряжение сети. С диодного моста VD16 выпрямленное напряжение поступает на делитель, состоящий из резисторов R34, R39, R42. Подстроечным резистором R34 устанавливают порог срабатывания компаратора. Конденсатор C13 служит для фильтрации коротких импульсных помех, проникающих из сети. На первых двух инверторах DD4.1, DD4.2 и резисторах R45, R48 собран первый триггер Шмидта, имеющий уровни переключения  $U_{c11}$  и  $U_{c21}$ . Перезапускаемый одновибратор (далее просто одновибратор) состоит из диода VD10, RC-цепочки R50, C14 и второго триггера Шмидта, собранного на инверторах DD4.3, DD4.4, резисторах R51, R52 и имеющего уровни переключения  $U_{c12}$  и  $U_{c22}$ . С выхода второго триггера Шмидта снимается выходной сигнал компаратора.

Пока амплитуда сетевого напряжения мала и напряжение (1) на входе первого триггера Шмидта не достигло значения  $U_{c11}$ , на выходе компаратора (4) сохраняется низкий уровень.

Следовательно, низкий уровень на выходе компаратора сигнализирует о том, что сетевое напряжение ниже заданного порога.

Как только амплитуда выходного напряжения (1) делителя R34, R39, R42 превысит значение  $U_{c11}$ , на выходе первого триггера Шмидта (2) появятся импульсы высокого уровня (графики 1 и 2 на рис.6). Эти импульсы поступают на вход одновибратора.

Рассмотрим подробнее работу одновибратора. Высокий уровень на входе одновибратора, через диод VD10, шунтирует конденсатор C14, что приведёт к повышению уровня на выходе компаратора. Как только на входе одновибратора появится низкий, запускающий, уровень, диод VD10 закроется и конденсатор C14 начнет заряжаться через резистор R50 (графики 2 и 3 на рис.6). Постоянная времени RC-цепочки R6, C2 выбрана такой,

чтобы на выходе одновибратора непрерывно сохранялся высокий уровень, пока на его вход поступают запускающие импульсы с выхода первого триггера Шмидта (графики 1, 2, 3, 4 рис.6). Следовательно на выходе компаратора будет присутствовать высокий уровень, пока напряжение сети выше заданного порога. Резистор R49 необходим для получения необходимого общего "гистерезиса" срабатывания компаратора.

Компаратор на DD5 срабатывает при снижении напряжения сети ниже 165в, что достигается дополнительной инверсией его выходного сигнала с помощью инвертора DD5.5. Подстройка компаратора на заданный порог осуществляется резистором R35. Выходы этих компараторов объединены с помощью схемы ИЛИ-НЕ, собранной на параллельно включенных инверторах DD4.5, DD4.6, DD5.6 и диодах VD11, VD14. В результате на выходах DD4.5, DD4.6, DD5.6 мы имеем сигнал SET высокого уровня, если напряжение сети в норме. Параллельное включение инверторов позволяет ускорить время разряда конденсатора C24 (рис.7), при отклонении напряжения сети за допустимые пределы.

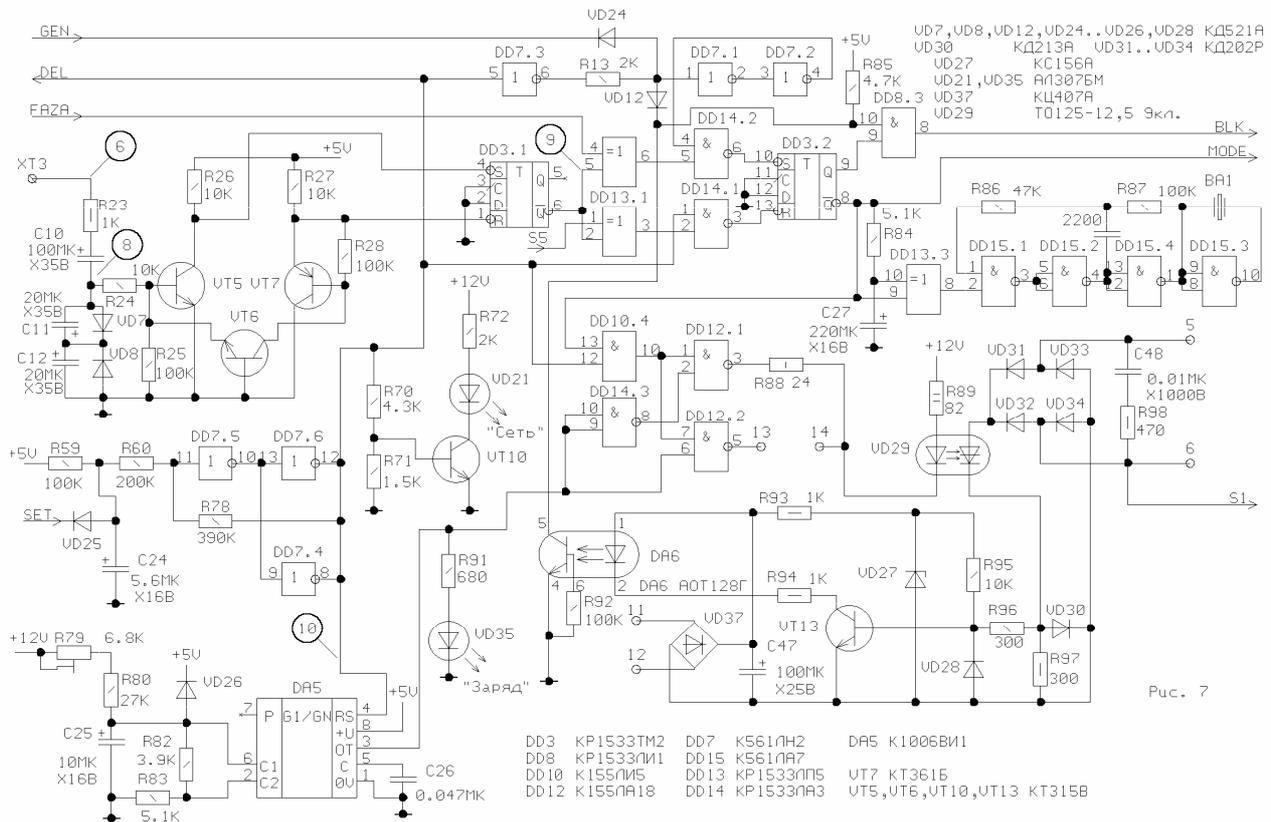


Рис. 7

Компаратор на DD6 аналогичен предыдущим, но используется в схеме корректора сетевого напряжения. Компаратор срабатывает при понижении напряжения сети ниже 198 в. Порог срабатывания компаратора настраивается резистором R44.

Для исключения тихого разряда аккумулятора, в дежурном режиме ИББ, питание компараторов, собранных на DD4 и DD5, осуществляется от входного напряжения компараторов, через разделительный диод VD17 и параметрический стабилизатор, собранный на элементах R36, VD15 и C17.

Ко вторичной же обмотке T1 подключен датчик полярности сетевого напряжения, собранный на транзисторе VT9 и резисторах R37, R38 и R41. Выходным сигналом, датчика полярности сетевого напряжения, является сигнал S5.

Опишем процесс смены режимов работы ИБП.

При пропадании напряжения сети в обмотке трансформатора ИБП продолжает протекать ток, вызванный его собственной индуктивной составляющей и индуктивной составляющей нагрузки. Попытка произвести перекоммутацию в этот момент или невозможна (если используется тиристорный ключ), или может привести к повреждению ключевых элементов ИБП напряжением самоиндукции. Перекоммутация производится только после окончания процесса рекуперации (возврата энергии в источник). Так как время рекуперации является функцией многих переменных (параметры нагрузки, напряжения сети, фаза коммутации), то следовательно говорить о стабильном времени переключения не приходится.

Обстоятельства, указанные выше, делают невозможным использование обычной фазовой синхронизации частоты задающего генератора с частотой сети и вынуждают использовать косвенную синхронизацию процесса смены режима работы ИБП, учитывающую индукцию в сердечнике силового трансформатора T2 (сердечники трансформаторов нагрузки находятся в аналогичных условиях), а не совпадение фазы напряжения задающего генератора с фазой напряжения сети. Косвенная синхронизация позволяет исключить перегрузку силовых ключей, вызванную магнитным насыщением сердечников трансформатора T2 и нагрузки.

Рассмотрим более детально процессы синхронизации анализируя работу блока синхронизации ИБП. Схема блока синхронизации и компаратора зарядного устройства изображена на рис.7. Временные диаграммы сигналов, в характерных точках блока синхронизации, изображены на рис.8.

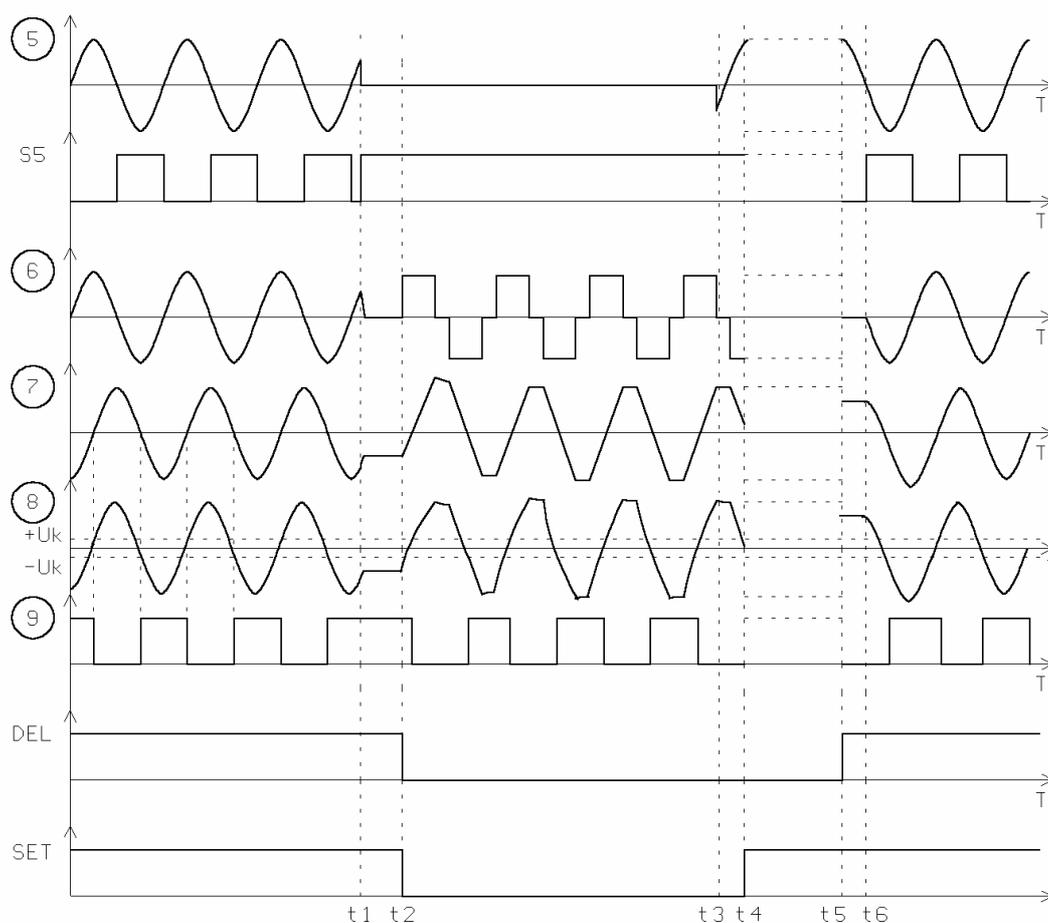


Рис. 8

Индукция (7), в сердечнике трансформатора, отстаёт на  $90^\circ$  от напряжения (6), приложенного к любой обмотке этого трансформатора. Знак индукции контролируется датчиком индукции. Входным для датчика индукции является напряжение снимаемое со стока транзистора VT4, а следовательно с обмотки I трансформатора T2 (рис.1). Датчик индукции состоит из фазосдвигающей RC-цепочки и компаратора полярности. RC-цепочка собрана на элементах R23, C10, C11, C12, VD7, VD8, а компаратор полярности на элементах VT5 .. VT7, R24..R27 и DD3.1. На элементах C11, C12, VD7, VD8 собран неполярный конденсатор емкостью 10 мкф. Полярность напряжения (8) на конденсаторе, а следовательно и знак индукции в сердечник трансформатора T2, контролируется компаратором полярности. RC-цепочка, на частоте 50 гц, вносит фазовый сдвиг в  $70^\circ$ . Остальные  $20^\circ$  получаем за счёт отличных от нуля порогов переключения +Uк и -Uк компаратора полярности (графики 6, 7, 8 на рис.8). Сигнал (9), снимаемый с инвертирующего выхода триггера DD3.1, совместно с сигналом S5 (рис.5) и сигналом FAZA (рис.4), служит для синхронизации процесса смены режимов работы ИБП.

До момента t1 напряжение сети (5) в норме (рис.8) и ИБП находится в режиме корректора. Работа ИБП в режиме корректора будет продолжаться до момента t2, когда компаратор сетевого напряжения сбросит сигнал SET. Промежуток времени t2-t1 не является стабильным и зависит от многих факторов. В этом промежутке происходит процесс размагничивания сердечника трансформатора до какой-то остаточной индукции, которая на 15% ниже индукции в момент времени t1 (коэффициент прямоугольности петли гистерезиса оп для стали Э320 равен 0.85 [9]). Причём полярность остаточной индукции соответствует полярности индукции в сердечнике в момент t1 и может не соответствовать полярности сетевого напряжения в этот момент. В момент t2 на выходе DD5.6 (рис.5) будет сформирован низкий уровень сигнала SET, который через диод VD25 разрядит конденсатор C24. На выходе триггера Шмидта DD7.4, DD7.5, DD7.6 появится низкий уровень сигнала DEL, который через 2И-элемент DD10.4 блокирует работу всех оптотиристоров, а через инвертор DD7.3 подготовит переход ИБП в режим преобразователя.

Но перехода ИБП в этот режим не произойдёт, если в цепи оптотиристора VD29, сетевого выключателя, протекает остаточный ток, удерживающий последний в открытом состоянии. Ток в цепи VD29 контролируется датчиком тока, собранным на элементах R92 .. R97, C47, VD27, VD28, VD30, VD37, VT13 и DA6. Этот ток

протекая через резистор R97, шунтированный диодом VD30, образует падение напряжение поддерживающее транзистор VT15 в открытом состоянии. Датчик тока питается от отдельной обмотки IV трансформатора T2, через диодный мост VD37. Конденсатор C47 обеспечивает питание схемы датчика в моменты смены режима работы ИБП и сглаживает пульсацию выпрямленного напряжения. Параметрический стабилизатор R93, VD27 обеспечивает стабильное подпирание напряжение в цепи базы транзистора VT13. Так как сетевой выключатель собран на низкочастотных полупроводниковых элементах, имеющих большое время обратного восстановления, то для защиты перехода база-эмиттер транзистора VT13 от обратного напряжения, могущего иметь место при переходных процессах, используется диод VD28. Когда транзистор VT13 открыт, то через последовательно включенные светодиод оптоэмиттера DA6 и резистор R94 протекает ток. Оптоэмиттер DA6 открыт и через VD12 блокирует схему переключения, а так же через DD8.3, низким уровнем сигнала BLK, гарантированно удерживает транзисторы преобразователя напряжения в закрытом состоянии. Порог срабатывания датчика тока определяется величиной резистора R97 и составляет  $\approx 1mA$ , что гарантированно меньше тока удержания тиристора сетевого выключателя.

После прекращения тока в цепи сетевого выключателя и установления необходимой полярности задающего генератора (сигнал FAZA (рис.4)) на выходе элемента DD13.2 появится высокий уровень, который через элемент DD14.2 переключит триггер режима DD3.2. ИБП перейдет в режим преобразователя.

Пока напряжение сети не в норме, низкий уровень сигнала SET (рис.5), через VD25, удерживает C24 в разряженном состоянии. В этом случае сигнал DEL имеет тоже низкий уровень, который через DD14.1 запрещает изменение состояния триггера режима DD3.2, а через 2И-элемент DD10.4 запрещает работу оптоэмиттеров управляемого моста VD1, VD2 (рис.1) и сетевого выключателя VD29.

После нормализации напряжения сети в момент t3, в момент t4 сработает компаратор сетевого напряжения и диод VD25 будет заперт высоким уровнем сигнала SET. С задержкой в 1 секунду, требуемой для окончания переходных процессов в питающей сети, в момент t5, конденсатор C24 зарядится до напряжения срабатывания триггера Шмидта. Триггер Шмидта сформирует сигнал задержки DEL, который подготовит переход ИБП в режим корректора сетевого напряжения. Одновременно высокий уровень сигнала DEL инвертируется инвертором DD7.3 и через резистор R13, последовательно включенные инверторы DD7.1 и DD7.2, поступает на 2И-элемент DD14.2 и блокирует возможность возврата ИБП в режим преобразователя.

Как только полярность сетевого напряжения примет значение необходимое для обратного перемагничивания сердечника силового трансформатора T2 (момент t6), на выходе DD13.1 появится высокий уровень, который через элемент DD14.1 переключит триггер режима DD3.2 и активизирует сигнал MODE высокого уровня. ИБП перейдет в режим корректора сетевого напряжения.

Сигнал MODE поступает на комбинационную схему собранную из DD10.4, DD14.3, DD12.1, DD12.2.

Комбинационная схема служит для управления оптоэмиттерами VD1, VD2 (рис.1) и VD29. С целью повышения экономичности ИБП питание светодиодов оптоэмиттеров осуществляется последовательно по цепи +12V, R89, VD29, 14, 13, выход 2И-элемента DD12.2. Если нет необходимости в зарядке аккумулятора, то низкий уровень с компаратора DA5 запрещает работу DD12.2 и, инвертируясь через DD14.3, разрешает работу DD12.1. В этом случае через выход DD12.1 и через резистор R88, необходимый для поддержания токового режима, питается только оптоэмиттер VD29.

В момент изменения состояния сигнала MODE формирователь, состоящий из элементов R84, C27, DD13.3, формирует короткий импульс, который разрешает работу тонального генератора, собранного на элементах DD15, R86, R87, C20, BA1. Следовательно о каждом изменении режима ИБП будет сигнализировать тональным сигналом. Причем, благодаря несимметричности порога срабатывания DD13, при переходе ИБП в режим преобразователя тональный сигнал будет несколько длиннее.

Управляемый мост VD1 .. VD4 (рис.1) автоматического зарядного устройства управляется компаратором на DA5. Компаратор на DA5 выполнен по схеме аналогичной схеме компаратора на DA4 (рис.5). Различными являются порог срабатывания и гистерезис. В отсутствии нормального напряжения сети работа DA5 блокируется по входу RS низким уровнем сигнала DEL, поступающим с параллельно включенных выходов инверторов DD7.4, DD7.6. Порог отключения зарядного устройства, равный 14.3 в, устанавливается резистором R79. Если напряжение аккумулятора не достигло порога срабатывания компаратора, то на выходе DA5 присутствует высокий уровень, который зажигает светодиод VD35 "Заряд", сигнализирующий о зарядке аккумулятора, и через 2И-элемент DD12.2 разрешает работу управляемого моста.

#### **Детали:**

На рис.1:

Конденсаторы C2, C3 типа K50-3Б, K50-6, K50-16. Каждый конденсатор C2 и C3 собран из четырёх конденсаторов 1000 мкФ x 50 в, включенных в параллель. Так как оксидным конденсаторам свойственны повышенные потери, то нельзя вместо четырёх, параллельно включенных, конденсаторов использовать один большей ёмкости. В этом случае конденсатор будет сильно греться и быстро выйдет из строя. Корпуса конденсаторов необходимо изолировать с помощью слоя плотной бумаги и прикрепить их, при помощи хомута, к какой либо теплоотводящей поверхности (например к одной из панелей корпуса ИБП).

Конденсатор C5 типа K73-17.

Трансформатор Т1, конструктивно, является стержневым и имеет две обмотки. Любое трансформаторное железо, толщиной 0.35 .. 0.5 мм, рубят вдоль направления проката на полосы шириной 25 мм. Затем эти полосы рубят на сегменты длиной 65 и 135 мм (если железо толщиной 0.35мм, то необходимо нарубить по 320 сегментов обоих размеров). Схема сборки сердечника трансформатора изображена на рис.9а. Толщина сердечника трансформатора 60 мм. Обе обмотки можно одновременно мотать на одной оправке. Схема намотки изображена на рис.9б.

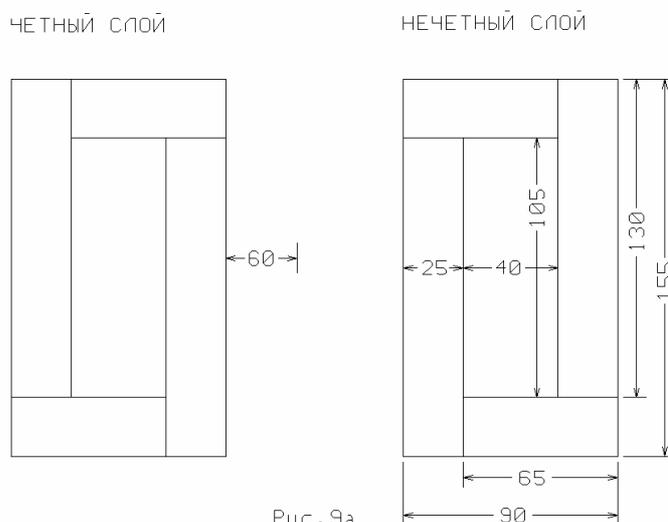


Рис. 9а

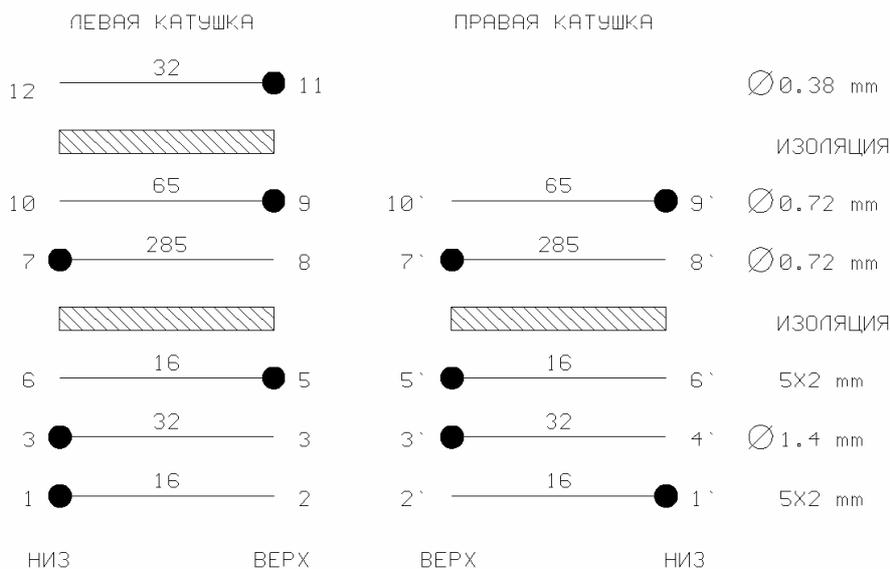


Рис. 9б

Трансформатор Т2 можно намотать на стандартном ленточном сердечнике ПЛ25х50-80. В этом случае используются те же намоточные данные.

Обмотки 1-2, 1'-2', 5-6, 5'-6' мотаются голый алюминиевой шиной сечением  $10 \text{ мм}^2$  (5X2 мм). Перед намоткой шина плотно обматывается тонкой ХБ тканью. Если шина правильно подготовлена, то каждая обмотка вписывается в слой. Вместо алюминиевой шины можно использовать медную сечением  $6.4 \text{ мм}^2$ . После намотки каждого слоя производится его уплотнение с помощью деревянной киянки и упора. После уплотнения намотанный слой тщательно покрывается пропиточным лаком (в крайнем случае можно использовать клей БФ) с помощью малярной кисти. После намотки и пропитки, катушки трансформатора подвергаются сушке в термощкафу. Сушка производится по технологии, соответствующей используемому пропиточному материалу.

При сборке трансформатора Т2 необходимо строго придерживаться рекомендуемого расположения обмоток и их фазировки.

Дроссель L1 намотан на броневом ферритовом сердечнике Б-36 марки 2000НМ. Обмотка мотается проводом ПЭВ-2  $\varnothing 0.72$  до заполнения. Между чашечками нужно, с помощью бумажной прокладки, зафиксировать немагнитный зазор величиной 0.5 мм.

Предохранитель F1 можно изготовить из куска медной проволоки диаметром 0.72 мм и длиной 15 .. 20 мм.

VD1 с VD3, и VD2 с VD4 устанавливаются на радиаторах площадью по 240 см<sup>2</sup> (8x15 см), изготовленных из листового алюминия толщиной 3 .. 4 мм.

На рис.4:

Каждый из транзисторов VT3 и VT4 состоит из трёх параллельно включенных транзисторов IRFZ44 (с любым буквенным индексом). Вместо IRFZ44 можно использовать любые мощные полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET), с индуцированным n-каналом, с  $R_{ds(on)} \leq 0.025 \text{ Ом}$ ,  $I_d \geq 40 \text{ А}$  и  $V_{(br)dss} \geq 55 \text{ В}$ . Здесь:  $R_{ds(on)}$  – сопротивление канала в открытом состоянии,  $I_d$  – максимально допустимый ток стока и  $V_{(br)dss}$  – максимально допустимое напряжение между истоком и стоком транзистора. В качестве альтернативной замены использовался транзистор КП723А. Транзисторы VT3 и VT4 устанавливаются на радиаторах площадью по 150 см<sup>2</sup> (5x15 см), изготовленных из листового алюминия толщиной 3 .. 4 мм. На таком же радиаторе установлен VT2 и диодный мостик VD6 .. VD9.

Конденсаторы C3 .. C5, C7, C8, C13..C16, C18, C19, C20, C21, C23, C26, C29..C45 керамические типа КМ-5, КМ-6 или им подобные.

Блокирующие конденсаторы C20, C21, C29 .. C42 подключаются непосредственно вблизи ножек питания логических микросхем.

Конденсаторы C46, C48, C49 типа К73-17.

В качестве трансформатора Т1 можно взять готовый трансформатор 380/26 вольт. В оригинале был использован трансформатор от реле контроля трехфазного напряжения. В крайнем случае можно использовать два маломощных трансформатора 220/9 вольт, включенных последовательно как по первичной, так и по вторичной обмотке. В ещё более крайнем случае этот трансформатор можно изготовить самостоятельно. Трансформатор намотан на сердечнике Ш12Х16. Первичная обмотка имеет 6910 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0.06 мм, а вторичная 473 витка провода ПЭВ-2 диаметром 0.21 мм.

При сборке устройства необходимо придерживаться указанных на рис.1 и рис.5 взаимных фазировок трансформаторов Т2 и Т1.

В качестве ВА1 можно использовать пьезокерамический звукоизлучатель любого типа.

В качестве реле К2 было использовано импортное реле JZC-20F (4088) 10ADC12V с сопротивлением катушки 400 Ом. Можно использовать аналогичное реле, а так же отечественное реле типа РП21, РПУ-2 с 12 вольтовой катушкой постоянного тока, позволяющие коммутировать ток 10 А, при напряжении 220 В.

#### **Настройка схемы:**

Для настройки ИБП необходимо запастись следующим оборудованием:

- Регулируемый источник постоянного тока 0 .. 15 В, 1 А;
- Регулируемый источник переменного тока 0 .. 250 В, 1 А, 50 Гц;
- Осциллограф;
- Авометр;
- Амперметр постоянного тока на 10 А;
- Частотомер на частоту 50 Гц.

Подключить собранную плату блока управления к источнику постоянного тока (к конт.3 (-), к конт.1 (+)). Силовой трансформатор лучше пока к плате не подключать, а между стоками транзисторов VT2, VT3, VT4 и клеммой (+) источника постоянного тока включить резисторы МЛТ-1 величиной 470..1000 Ом. Установить минимальное напряжение на выходе источника постоянного тока и включить его.

Сначала проверяем работу стабилизатора на DA1. На выходе стабилизатора должно быть напряжение +5 В, при изменении напряжения источника постоянного тока в пределах от 10 до 15 В.

Подключаем осциллограф к 3 ножке DA4. С помощью резистора R73 добиться, чтобы при понижении напряжения источника постоянного тока ниже 10.8 В, уровень на 3 ножке DA4 менялся с низкого на высокий. После этого установить напряжение источника постоянного тока равным 12.6 В и подключить источник переменного тока к клеммам 0 и 4 платы блока управления ИБП.

**Внимание!** Необходимо соблюдать все меры предосторожности необходимые при работе с источником высокого напряжения переменного тока. Желательно, чтобы выходные клеммы источника переменного тока были гальванически развязаны от напряжения сети.

Изменяя напряжение источника переменного тока в пределах от 160 до 250 В, проверим напряжение на стабилизаторе VD15. Это напряжение должно быть равным  $\approx 5.6$  В.

Подключим осциллограф к 8 ножке DD4.4. С помощью резистора R34 добиваемся, чтобы уровень на выходе DD4.4 менялся с низкого на высокий при повышении напряжения переменного тока выше 242 В. Возможно потребуются уточнение номинала резистора R39. Переключение уровня должно быть чётким, без всяких импульсных включений. Если такого не происходит то можно попытаться немного увеличить величину R50.

Теперь подключим осциллограф к 10 ножке DD5.5. С помощью резистора R35 добиваемся, чтобы уровень на выходе DD5.5 менялся с низкого на высокий при понижении напряжения переменного тока ниже 165 в. Возможно потребуется уточнение номинала резистора R40. Переключение уровня должно быть чётким, без всяких импульсных включений. Если такого не происходит то можно попытаться немного увеличить величину R55.

Далее подключим осциллограф к 10 ножке DD6.5. С помощью резистора R44 добиваемся, чтобы уровень на выходе DD6.5 менялся с низкого на высокий при понижении напряжения переменного тока ниже 198 в. Возможно потребуется уточнение номинала резистора R47. Переключение уровня должно быть чётким, без всяких импульсных включений. Если такого не происходит то можно попытаться немного увеличить величину R67. Желательно чтобы при смене уровня на выходе DD6.5 одновременно прослушивалось срабатывание реле K2. В противном случае надо этого добиться.

Установим напряжение источника переменного тока равным 220 в и подключим осциллограф к 3 ножке DA5. Регулируя R79 необходимо добиться, чтобы, при повышении напряжения источника постоянного тока выше 14.3 в, уровень на 3 ножке DA5 менялся с высокого на низкий. При этом так же должен гаснуть светодиод VD35.

Увеличим напряжение переменного тока выше 242 в. При этом должен загореться светодиод VD9, сигнализирующий о том, что ИБП перешел в режим преобразователя. Установим напряжение переменного тока между 165 и 242 в. ИБП должен перейти в режим корректора сетевого напряжения, о чём сигнализирует погасание светодиода VD9.

Подключив осциллограф к 3 ножке DA2, убедиться в наличие импульсной последовательности частотой  $\approx 2500$  гц на выходе задающего генератора.

Теперь уменьшим напряжение переменного тока ниже 165 в. Эффект должен быть таким же как и при повышении выше 242 в.

По осциллографу, с помощью R44 можно, можно примерно выставить частоту задающего генератора равной 100 гц (или 50 гц на выходе триггера DD1.2). R10 выставить в среднее положение. Подключим осциллограф к 3 ножке DA3. При изменении напряжения постоянного тока от 10 до 15 в, скважность импульсов на выходе DA3 должна меняться.

Проконтролируем напряжения на стоках транзисторов VT2, VT3, VT4 и убедится, что там присутствуют соответствующие импульсные последовательности.

Настройку электронной защиты можно произвести следующим образом. Отделим стоки транзисторов VT3 и VT4 от VT2. Между стоками VT3, VT4 и (+) источника питания включим резистор 0.1 ом, состоящий из десяти резисторов МЛТ-2 величиной 1 ом, включенных параллельно. Отрежем вход R триггера DD1.1 от коллектора VT8 и подключим его к общему проводу. Между клеммами (+) и (-) источника питания включим конденсатор ёмкостью 30000мкФ. Выставим напряжение источника питания равным 12.6 в и включим устройство. Через транзисторы VT3 и VT4 будет протекать ток 120а. Вращая подстроечный резистор R100, добьёмся, чтобы на коллекторе VT8 появились отрицательные импульсы. На этом настройку электронной защиты можно считать законченной. Отключим вход R триггера DD1.1 от общего провода и восстановим его связь с коллектором VT8.

После предварительной настройки производят полную сборку ИБП.

Подключить ИБП к источнику постоянного тока в соответствии с полярностью. Установить напряжение источника равным 12.6 в. Нажать кнопку SB1 “Пуск”. Должны загореться светодиоды VD1 “Вкл” и VD9 “Разряд”. По характерному звуку работы трансформатора можно определить, что ИБП работает в режиме преобразователя. Подключить частотомер к выходной розетке XS1 и резистором R4 выставить частоту 50 гц. Теперь подключить к розетке авометр и с помощью резистора R10 выставить выходное напряжение равным 235 в.

Подключить ИБП к аккумулятору через амперметр. С помощью кнопки SB1 “Пуск” включить ИБП в режим преобразователя. Амперметр должен показывать незначительный разрядный ток величиной не более 0.4 а. Теперь с помощью сетевой вилки XP1 подключить ИБП к сети. С секундной задержкой ИБП должен перейти в режим корректора сетевого напряжения и зарядного устройства, о чем сигнализирует световая и звуковая сигнализация. По амперметру необходимо проконтролировать зарядный ток аккумулятора, который должен быть в пределах 4..6 а. Если светодиод VD35 “Заряд” не горит, то вероятнее всего напряжение аккумулятора выше чем 12.9 в. В этом случае необходимо перевести ИБП в режим преобразователя, отключив от него сеть, и подключить к выходной розетке XS1 нагрузку величиной 50 .. 100 вт. После того как напряжение аккумулятора снизится до 12 в, подключить ИБП к сети, при помощи сетевого шнура.

После окончания настройки можно приступить к полноценной эксплуатации ИБП.

Литература:

1. А. Евсеев. Автоматическое зарядное устройство для аккумуляторных батарей.- В помощь радиолюбителю ном. 83, стр. 12-17.

2. Г.С. Найвельт. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры. – Издательство “Радио и связь”, Москва, 1986г, стр. 56-59
3. Ю.А. Ануфриев, В. Н. Гусев, В. Ф. Смирнов. Эксплуатационные характеристики и надёжность электрических конденсаторов. – Издательство “Энергия”, Москва, 1976г. стр. 107-110
4. Р. Трейстер. Радиолюбительские схемы на ИС типа 555.- Издательство “Мир”, Москва, 1988г, стр. 95-103.
5. Справочник. Микросхемы для бытовой радиоаппаратуры.- Издательство “Радио и связь”, Москва, 1989г, стр.301-304.
6. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. Москва Бином 1994г. стр.318-340.
7. Н. И. Овчаренко. Аналоговые и цифровые элементы автоматических устройств энергосистем. Москва Энергоатомиздат 1989г. стр.206
8. Е. А. Зельдин. Цифровые интегральные микросхемы в информационно- измерительной аппаратуре. Ленинград Энергоатомиздат 1986г. стр.62-67.
9. В. П. Миловзоров. Электромагнитная техника. Издательство “Высшая школа”, Москва, 1966г. стр.25.

