

УДК 621.373.5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Егоров Павел Петрович

студент

Мускатиньев Александр Валентинович

канд. тех. наук

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, Саранск

author@apriori-journal.ru

Аннотация. В статье приведены структурная и принципиальная схемы источника питания с синусоидальным выходным напряжением. Более подробно рассматриваются DC/DC преобразователь и инвертор.

Ключевые слова: ШИМ-инвертор; синусоидальный сигнал; импульсный сигнал; драйвер управления.

DESIGN OF SINE WAVE VOLTAGE SOURCE FORMS

Egorov Pavel Petrovich

student

Muskatinyev Alexander Valentinovich

candidate of technical sciences

Mordovian state university of N.P. Ogaryov, Saransk

Abstract. Describes the structural and fundamental scheme of power supply with sinusoidal output voltage. Discusses in more detail the DC/DC converter and inverter.

Key words: PWM inverter; sinusoidal signal; pulse signal; driver control.

Применение источников бесперебойного питания (ИБП) позволяет существенно повысить надежность электроснабжения различных устройств и продлить срок их эксплуатации. ИБП отличаются большим разнообразием, как по структурному исполнению, так и по выходным характеристикам [1; 2]. Одним из параметров ИБП, определяющим область назначения, является форма выходного напряжения, которая может быть прямоугольной формы, или близкой к синусоиде. Практика показывает, что существует потребность в недорогих, малогабаритных ИБП с выходным синусоидальным напряжением, рассчитанных на мощность (активную) не более 180-200 Вт и работающие от сети или аккумуляторов значительной емкости (100 Ач и более). Такие ИБП используются в тепловых системах, телекоммуникационных системах и других областях, где требуется напряжение с малым содержанием гармоник.

Структурная схема реализованного ИБП показана на рис. 1. Основными блоками данного ИБП являются повышающий DC/DC преобразователь и инвертор, формирующий совместно с ВЧ фильтром синусоидальный сигнал.

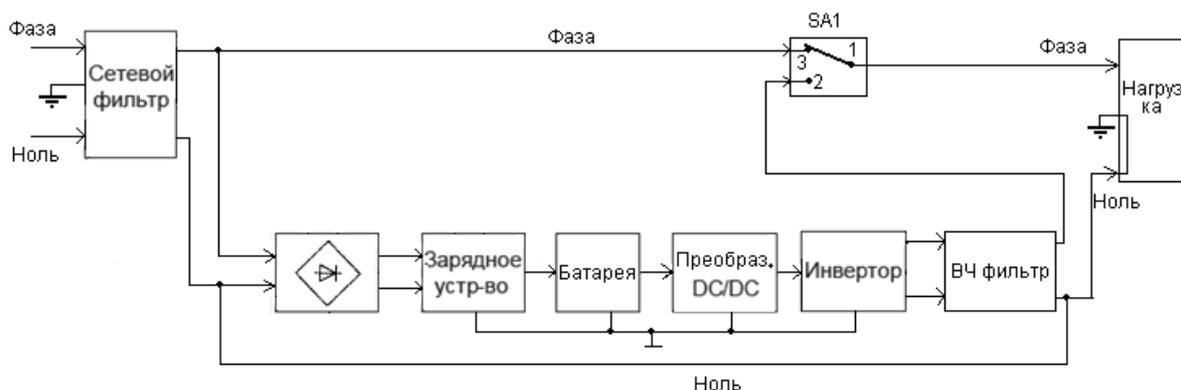


Рис. 1. Структурная схема ИБП

ИБП реализован на основе off-line структуры [1]. Особенностью ИБП является возможность «зануления» нагрузки, что полезно для тепловых систем и выполнения условий электробезопасности. При работе в нормальном режиме нагрузка питается от электросети. Для подавления электромагнитных и радиочастотных помех используется сетевой фильтр. Если входное напряжение становится ниже или исчезает, то включается инвертор, и осуществляет питание нагрузки от аккумуляторных батарей.

Источник бесперебойного питания выполнен без активного корректора коэффициента мощности, так как стандарт МЭК регламентирует его наличие в ИБП мощностью более 200 Вт. Тем не менее, реактивная составляющая нагрузки компенсируется установкой в сетевом фильтре входного конденсатора емкостью 6 мкФ.

Принципиальная схема DC/DC преобразователя показана на рис. 2. Преобразователь представляет собой стабилизированный, обратноточный источник, реализованный на ШИМ-контроллере UC3844 (DA1), и

преобразующий напряжение 24 В аккумуляторной батареи в постоянное, равное амплитудному значению напряжения сети 310. Контроллер имеет встроенный задающий генератор с времязадающими элементами C11 R10, реализованный на следующем принципе. Сначала конденсатор C11 медленно заряжается через резистор R10 от опорного напряжения, а затем разряжается через внутренний ключ фиксированным током (8,3 мА). Время разряда конденсатора через внутренний ключ определяет длительность состояния, когда силовой ключ закрыт. Желательно это время задавать не менее 50 % от периода. В этом случае длительность рабочего цикла преобразователя ограничивается на уровне 50 % от периода. При больших значениях возникают субгармонические колебания, приводящие к выходу из строя силовых элементов схемы. Частота генератора в данной схеме выбрана 20 кГц.

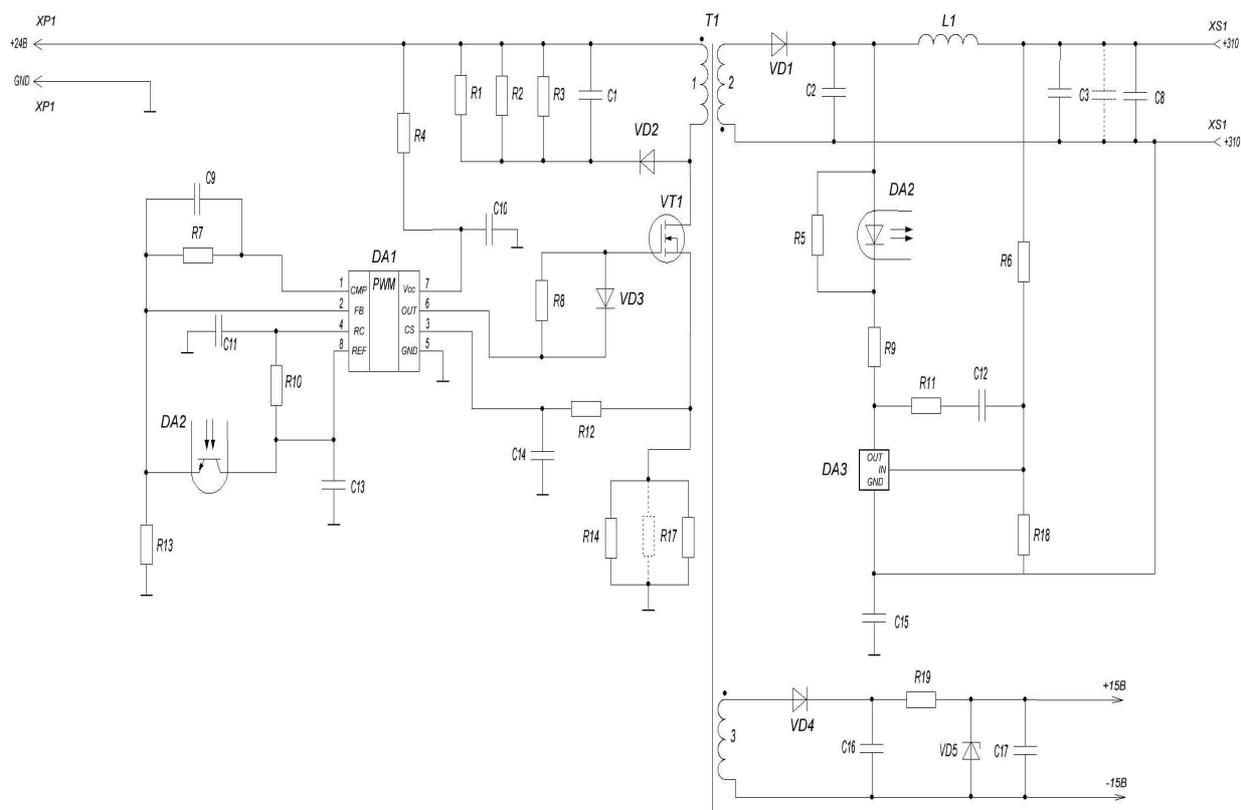


Рис. 2. Принципиальная схема преобразователя

Питание ШИМ-контроллера осуществляется непосредственно от аккумуляторной батареи 24 В через резистор R4. Конденсатор C10 осуществляет плавный запуск контроллера. Обмотка 3 предназначена для формирования напряжения питания микросхем ИБП.

Стабилизация выходного напряжения осуществляется с использованием оптопары DA2 и управляемого стабилитрона DA3. В микросхеме предусмотрена защита от режима холостого хода в нагрузке, при котором контроллер автоматически снижает коэффициент заполнения и увеличивается рабочую частоту до порядка 200 кГц.

Выходное напряжение DC-DC преобразователя снимается с обмотки 2 трансформатора T1, выпрямляется диодом VD1, представляющим собой быстродействующий диод FR307, и сглаживается с помощью фильтра C2, C3, C8, L1.

Принципиальная схема инвертора, выполненная по мостовой схеме, представлена на рис. 3. В инверторе использованы высоковольтные полевые транзисторы серии IRF730 с номинальным напряжением сток-исток 400 В и током 5 А. Известные трудности управления верхними ключами моста решены применением специальных микросхем драйверов силовых МОП транзисторов фирмы International Rectifier – IR2110, что для мощности ИБП в 200 Вт вполне оправдано.

Для формирования синусоидального напряжения на выходе инвертора используют так называемую «многократную широтно-импульсную модуляцию»). На интервале каждого полупериода выходного напряжения инвертора соответствующая пара транзисторов мостового инвертора управляется импульсами на высокой частоте. Длительность этих импульсов изменяется по синусоидальному закону. С помощью двух Г-образных высокочастотных LC фильтров нижних частот (L1C4 и L2C5) выделяется синусоидальная составляющая выходного напряжения инвертора.

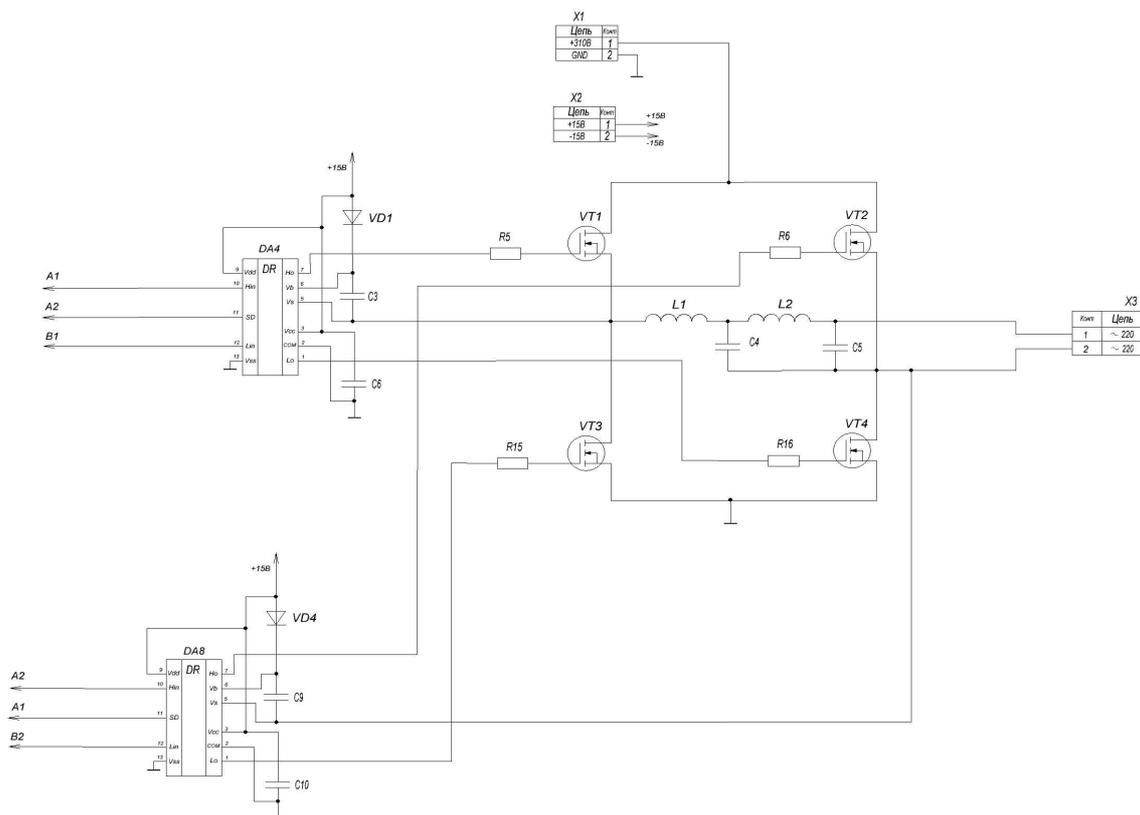


Рис. 3. Принципиальная схема ШИМ-инвертора

Принципиальная схема аналоговой системы управления инвертором представлена на рис. 4. Формирование управляющих сигналов ключами инвертора происходит следующим образом: ШИМ-сигнал генерируется на выходе компаратора DA7, на один вход которого подаётся опорный пилообразный сигнал частотой 50 кГц, а на другой – модулирующий синусоидальный сигнал частотой 50 Гц. Компаратор DA3 предназначен для формирования прямоугольных импульсов для управления транзисторами VT1 и VT2 (рис. 3) инвертора с частотой 50 Гц.

Блок модулирующего сигнала построен по схеме RC-генератора Вина [3]. Состоит из элементов DA1 (LF355) и DA2 (LM358). Пилообразный сигнал на выходе интегратора DA6 получается интегрированием прямоугольных импульсов, формируемых мультивибратором на DA5. В качестве элементов DA5 и DA6 применены высокочастотные операционные усилители LF356. Компараторы DA3 и DA7 реализованы на микросхемах типа MC3302.

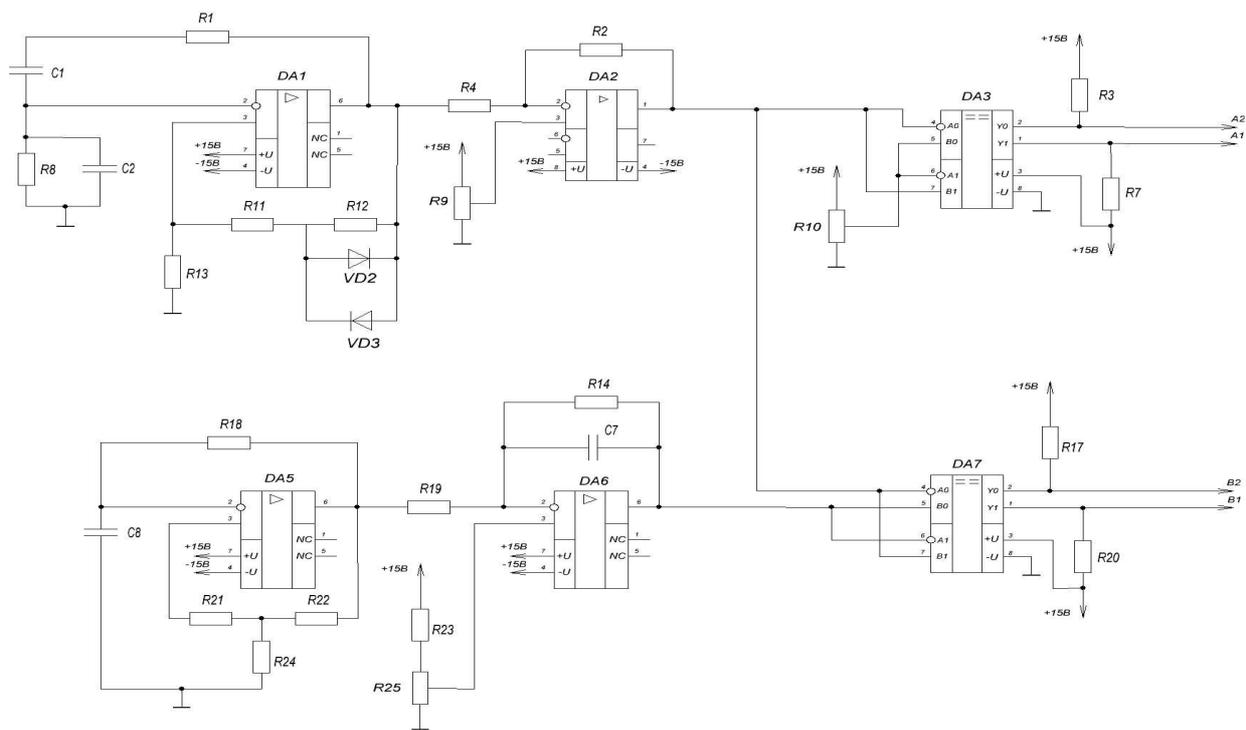


Рис. 4. Принципиальная схема управления инвертором

Моделирование работы инвертора проводилось в среде Multisim. Ввиду отсутствия моделей драйверов в библиотеке использовалась схема рис. 5, позволяющая полностью отразить работу инвертора. Результат моделирования работы инвертора показан на рис. 6.

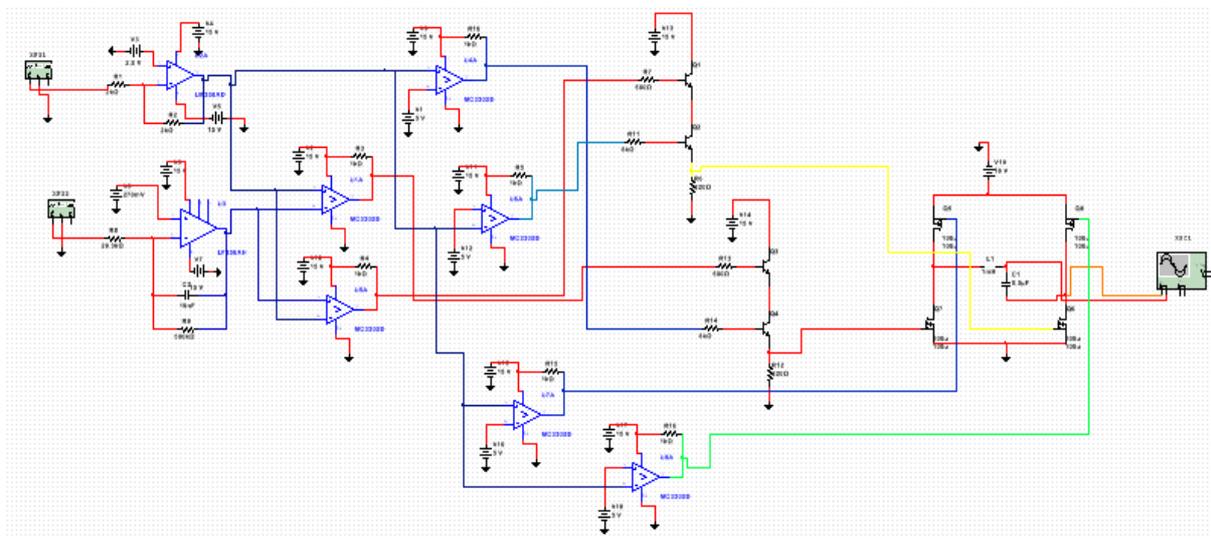


Рис. 5. Принципиальная схема для моделирования

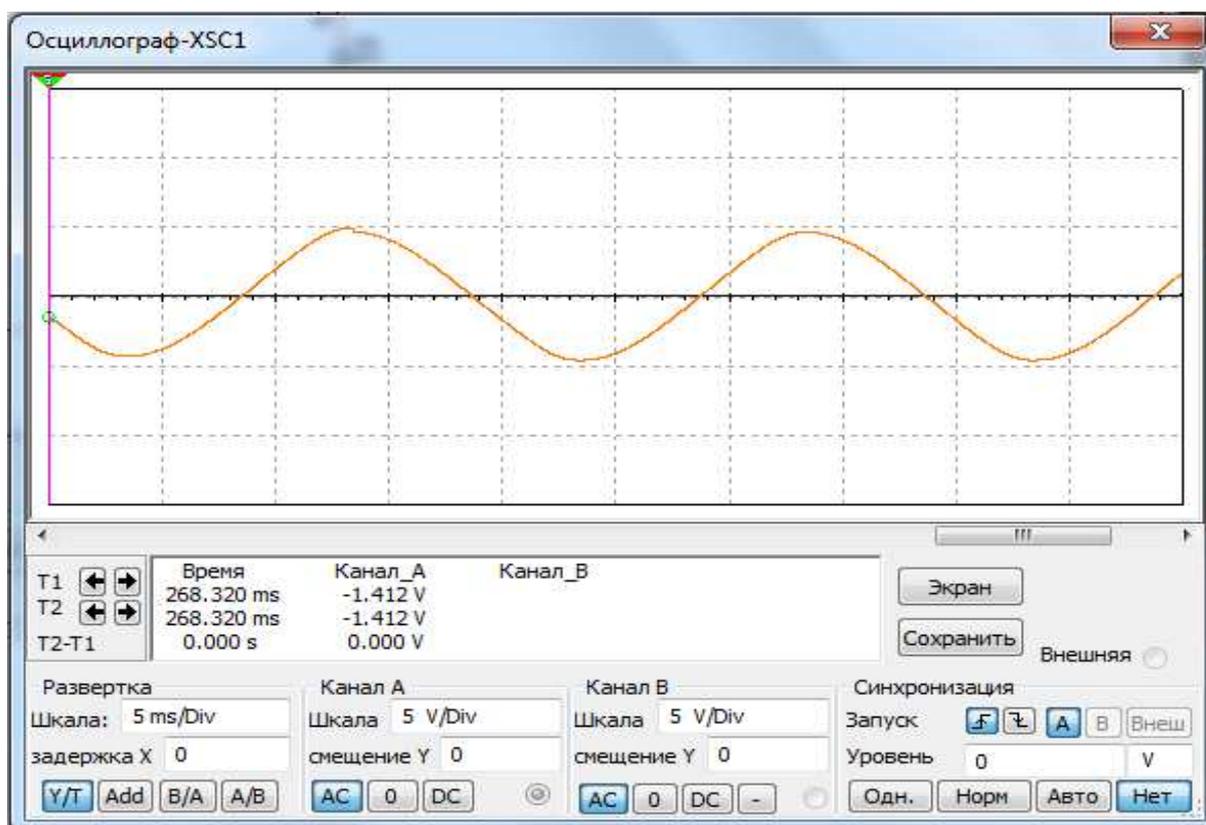


Рис. 6. Результат моделирования работы инвертора

Рассмотренная аналоговая система управления может быть заменена на цифровую систему с применением микроконтроллера ATmega16 [4]. В этом случае, благодаря встроенному АЦП, на микроконтроллер дополнительно возлагаются функции слежения за напряжением сети, разрядом аккумуляторной батареи и сигнализации аварийных режимов ИБП.

Список использованных источников

1. Конструкция и ремонт источников бесперебойного питания фирмы APC [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://master-tv.com/article/apc-back-ups>
2. Что такое режим ONLINE? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://teplo.bast.ru/articles/online.html>
3. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л.: Энергоатомиздат, 1988. 304 с.
4. Мускатиньев А.В., Щукин В.Г. Лабораторный генератор испытательных сигналов // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2014. № 2 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://apriori-journal.ru/seria2/2-2014/Muskatiniev-Schukin.pdf>