

УДК 621.31(575.2)(04)

ИМПУЛЬСНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ТОКА ДЛЯ УСТАНОВКИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

В.П. Макаров, С.С. Великасов, А.Ж. Календеров

Создан безтрансформаторный малогабаритный блок питания для установки ионно-плазменного напыления.

Ключевые слова: блок питания; ШИМ-контроллер.

При проектировании устройств, входящих в состав лабораторных комплексов, требуются экономичные, малогабаритные системы вторичного электропитания (СВЭП) с малым уровнем электромагнитных помех. Наилучшими возможностями для удовлетворения этих требований обладают управляемые СВЭП [1].

В данной статье описан импульсный высоковольтный блок питания (ИВБП) со стабилизацией тока, который был создан для установки ионно-плазменного напыления.

Достоинством разработанного ИВБП является его малогабаритность, бесшумность, а также минимальные затраты на его изготовление. Особенность разработанного блока питания – использование ШИМ-контроллера, который включает в себя встроенный регулируемый генератор, триггер управления, транзисторный блок управления выходным каскадом и компаратор регулировки “мертвого” времени. В схеме также использован мостовой инвертор, который применяется в преобразователях повышенной мощности – до нескольких сотен ватт, что весьма удобно при работе с трансформатором. Блок питания максимально прост, в нем используются стандартные детали и узлы. Блок-схема ИВБП показана на рис. 1.

Входной блок представляет собой выпрямитель на диодах, принцип работы которого основан на односторонней электропроводности р-п перехода. Фильтр мягкого пуска состоит из лампы и тиристора. Через лампу проходит выпрямленный ток и заряжает конденсатор, а тиристор служит ограничителем тока. Силовой блок мощности состоит из конденсатора С5 (рис. 2), который накапливает и держит заряд, чтобы дроссель Др мог заряжаться порциями, тем самым заряжая систему конденсаторов С6-С17.

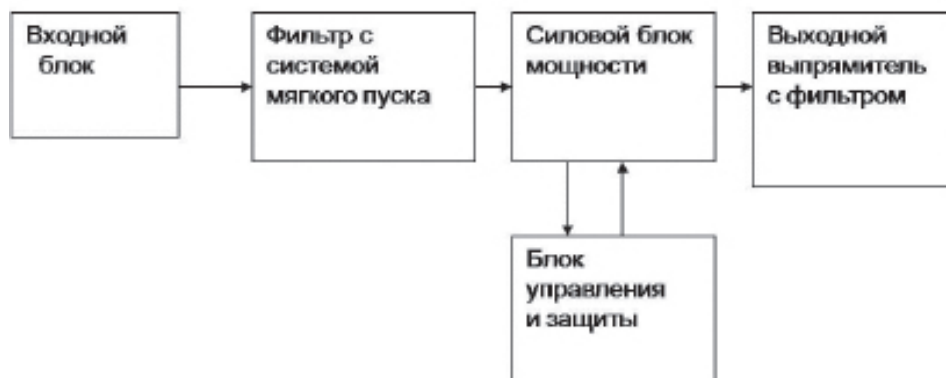


Рис.1. Блок-схема малогабаритного импульсного высоковольтного БП

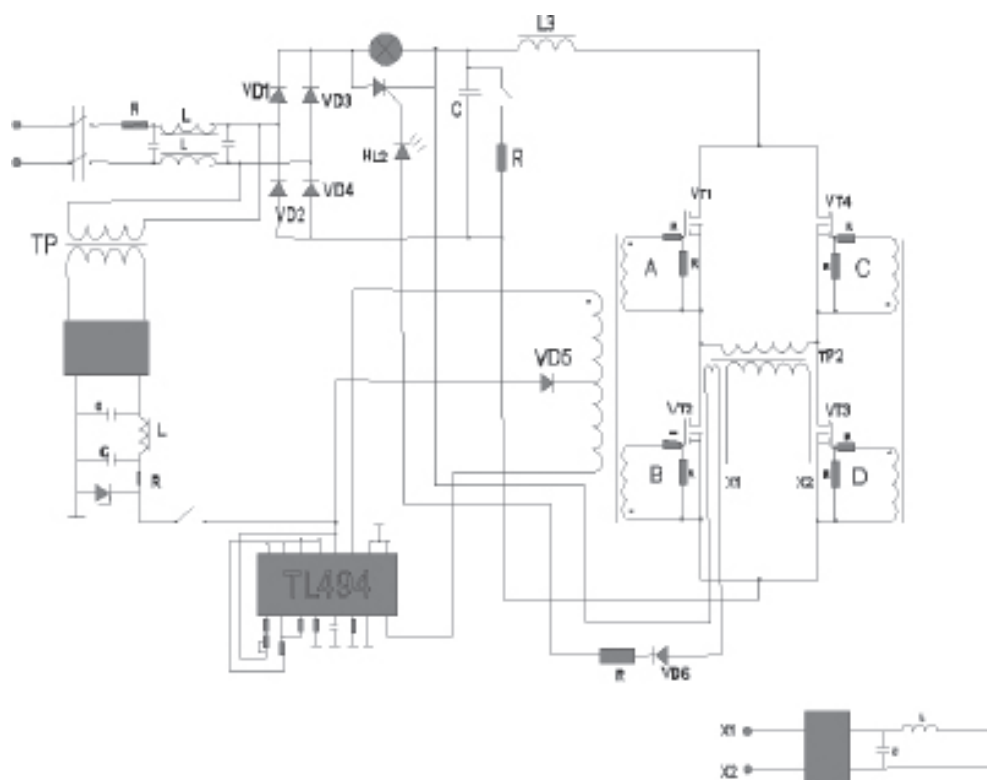


Рис 2. Схема малогабаритного импульсного высоковольтного БП

Четвертый блок – блок управления и защиты – работает на ШИМ-модуляторе TL494. Пятый блок – это выпрямитель выходного напряжения на диодах с конденсаторами, которые сглаживают выходное напряжение. На выходе получаем стабильный ток за счет прямой и обратной полуволны [2, 3].

Определение параметров элементов блока питания. Исходя из заданных выходных параметров источника питания: $I_{\text{вых}} = 500 \text{ mA}$ (ток вторичной обмотки), $U_{\text{вых}} = 5000 \text{ V}$ и зная, что напряжения питания 310 В, определим основные параметры элементов блока питания.

Коэффициент трансформации напряжения:

$$K_{mp} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{ex}}} , \quad K_{mp} = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{ex}}} .$$

Зная коэффициент трансформации и величину выходного тока, величина входного тока первой обмотки составит:

$$i_1 = 16.13 \times 0.5 = 8.065 \text{ A} .$$

Исходя из полученных величин тока и напряжения, определим основные элементы схемы.

Входной фильтр: диоды VD1-VD4 выбраны с двойным запасом по току и на обратное напряжение 400 В.

Фильтр мягкого пуска: в качестве VS1 взят оптронный тиристор TO2-40 (40 А, 700 В).

Силовой блок мощности: в качестве силовых транзисторов VT1-VT4 используются транзисторы IRFP460 (20 А, 500 В).

Выходной фильтр: в качестве силовых диодов VD7-VD30 использованы диоды 2Ц108 (100 мА, 6 кВ).

Блок управления: в качестве генератора используется ШИМ-контроллер TL494 (200 мА, 41 В).

Расчет силового трансформатора. Для определения количества витков силового трансформатора определим ЭДС одного витка по формуле:

$$e_{\text{в}} = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{\Delta B \times Sc}{t} \times 10^{-4} = \frac{f \times \Delta B \times Sc}{\lambda} \times 10^{-4} , \quad (1)$$

где $\frac{d\Phi}{dt}$ – скорость изменения магнитного потока, сцепленного с витком; ΔB – размах индукции в магнитопроводе, Тл; S_c – сечение магнитопровода, см²; tu – длительность импульса, с; f – частота импульсов, Гц; λ – отношение длительности импульсов к периоду их повторения (коэффициент заполнения).

Магнитопровод трансформатора T_2 состоит из трех сложенных вместе магнитопроводов ПК30Х16 из феррита 3000НМС-1. Магнитопроводы разделены между собой двух миллиметровыми прокладками.

$$S_c = 8,91 \text{ см}^2.$$

Из (1)

$$e_g = \frac{40 \times 10^3 \times 0,38 \times 8,96}{0,45} \times 10^{-4} = 30,26 \text{ В}.$$

Количество витков первичной обмотки:

$$n_1 = \frac{310}{30,26} = 10,24 \text{ (витков)},$$

$$n_2 = K_{тр} \times n_1 = 16,13 \times 10,24 = 165 \text{ (витков)}.$$

Во вторичной обмотке каждая секция имеет по 165 витков.

Сечения проводов первичной и вторичной обмоток трансформатора определяются из допустимой плотности тока:

$$J = 4 \frac{A}{mm^2};$$

$$S_2 = \frac{0,5}{4} = 0,125 mm^2;$$

$$S_1 = \frac{8,35}{4} = 2,016 mm^2.$$

Данные сечения достаточны для нормальной работы трансформатора. Мы выбираем большее значение из соображения уменьшения тепловой нагрузки трансформатора.

Расчет трансформатора управления. Трансформатор управления на базе сердечника $S_c = 16 \text{ мм}^2 = 0,16 \text{ см}^2$.

Так как $f = 40 \text{ Гц}$; $\Delta B = 0,38 \text{ Тл}$; $S_c = 0,16 \text{ см}^2$; $\lambda = 0,45$, тогда по формуле (1) ЭДС одного витка:

$$e_g = \frac{40 \times 10^3 \times 0,38 \times 8,96}{0,45} \times 10^{-4} = 0,54 \text{ (витков)}.$$

Для напряжения питания 12 В количество витков $\frac{12}{0,54} = 22,2$ (витка). Выбираем целое – 22. Так

как не требуется трансформировать напряжения, то все обмотки равны.

Поскольку окно сердечника: $h = 8 \text{ мм}^2$, то в один ряд уложится провод диаметром: $d = \frac{h}{n}$, где n – количество витков $d = \frac{8}{22} = 0,36$ и выбираем провод $d = 0,35$.

Работа общей схемы ИВБП. Сетевое напряжение проходит через предохранитель и выпрямляется диодным мостом VD1—VD4. При этом работает вентилятор, охлаждающий основные радиоэлементы в блоке питания: трансформатор, дроссель, катушку и т.д. Выпрямленный ток, протекая через лампу HL1, начинает разряжать конденсатор С5. При включении блока питания лампа должна загораться и гаснуть через 15–20 сек. Лампа служит ограничителем зарядного тока и индикатором этого процесса. Работу следует начинать только после того, как погаснет лампа HL1. Одновременно через дроссель L1 заряжаются конденсаторные батареи С6-С17.

Триодистор VS1 пока закрыт. Как только погасла лампа HL1, следует нажать на кнопку SB1, которая запускает импульсный генератор на частоту 25 кГц, собранный на однопереходном транзисторе VT1. Импульсы генератора открывают тиристор VS2, который, в свою очередь, открывает соединен-

ный параллельно тиристор VS3. Конденсаторы C6-C17 разряжаются через дроссель L и первичную обмотку трансформатора T1.

Импульсы от генератора ШИМ-контроллера управляют сигналами на выходе. Это происходит следующим образом: ножки ШИМ-контроллера 8 и 9 – это выводы, от которых питается трансформатор ТР. Импульсы от контроллера открывают вначале два первых транзистора, потом два других, обеспечивая двухтактную работу в мостовом инверторе. Импульсы от генератора ШИМ-контроллера управляют сигналами на выходе.

Технические характеристики высоковольтного БП

Пределы регулирования выходного тока, А	0,05
Максимальный потребляемый ток от сети, А	10
Напряжение питающей сети переменного тока частотой 50 Гц, В	220
Габариты аппарата, мм	350×300×160
Масса аппарата, кг	6

Литература

1. Вдовин С.С. Проектирование импульсных трансформаторов. Л.: Энергоатомиздат, 1991. 235с.
2. Источники вторичного электропитания / Под ред. С.С. Букреева. М.: Мир, 1983. С. 147–156.
3. Исследования и расчет электромеханических преобразователей / Под ред. В.А. Кузнецова. М.: Мир, 1992. С.499–511.