

## ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

УДК 621.314+621.373

# ТРАНЗИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ ЗАРЯДКИ ЕМКОСТНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

© 1998 г. И. Е. Валька, В. В. Ращенко, Ю. Ф. Токарев

*Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН  
Россия, 630090, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева, 11*

Поступила в редакцию 29.04.98 г.

Описан зарядный преобразователь с выходным напряжением до 800 В и мощностью до 2 кВт. Время включения/выключения выходного тока до 20 мкс. Устройство питается от сети 220 В, 50 Гц и имеет частоту преобразования 25 кГц. К.п.д. преобразователя – до 85%. Выход преобразователя изолирован. Допускается параллельное соединение выходов нескольких преобразователей.

Описываемый преобразователь был создан для работы в составе низковольтных импульсных генераторов, питающих элементы модернизированного ускорительного комплекса ВЭПП-2М в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (Новосибирск).

На рисунке (а) представлена принципиальная схема преобразователя. Он построен на основе мостового инвертора на транзисторах  $T_2$ – $T_5$ , работающего на частоте 25 кГц, который питается от импульсного стабилизатора тока на транзисторе  $T_1$ , диодах  $D_8$ ,  $D_9$  и дросселе  $L_1$ . Стабилизатор тока задает уровень выходного тока преобразователя. Переменное напряжение с выхода инвертора поступает на пять параллельно соединенных первичных обмоток силовых трансформаторов  $Tr3$ – $Tr7$ . Напряжение, снимаемое с вторичных обмоток, выпрямляется диодными мостами и суммируется. Суммарное напряжение через защитные цепи  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $D_{41}$  и  $D_{42}$  поступает на выход преобразователя.

Использование пяти одинаковых трансформаторов позволяет равномерно распределить мощность между ними, кроме того, переменная составляющая напряжения, воздействующего на межвитковую изоляцию каждого трансформатора, уменьшается до 200 В, что снижает требования к изоляции. Распределение выходного напряжения также позволило использовать низковольтные высокочастотные диоды КД213А. Резисторы  $R_2$ ,  $R_3$  и диоды  $D_{41}$ ,  $D_{42}$  предназначены для защиты выходных выпрямительных мостов схемы при кратковременной смене полярности напряжения на заряжаемой емкости во время работы импульсных генераторов.

Транзисторы мостового инвертора  $T_2$ – $T_5$  отпираются попарно. После того, как очередная пара (например,  $T_2$ ,  $T_5$ ) находилась в открытом состоянии 17 мкс, следует пауза, когда все четыре тран-

зистора заперты (около 3 мкс). Наличие паузы позволяет избежать намагничивания сердечников трансформаторов  $Tr3$ – $Tr7$ . Ток дросселя  $L_1$  во время паузы течет через емкость фильтра  $C_4$ , диоды  $D_6$ – $D_9$  и трансформатор  $Tr2$ , который обеспечивает соответствие тока шунта  $R_1$  току дросселя во время паузы.

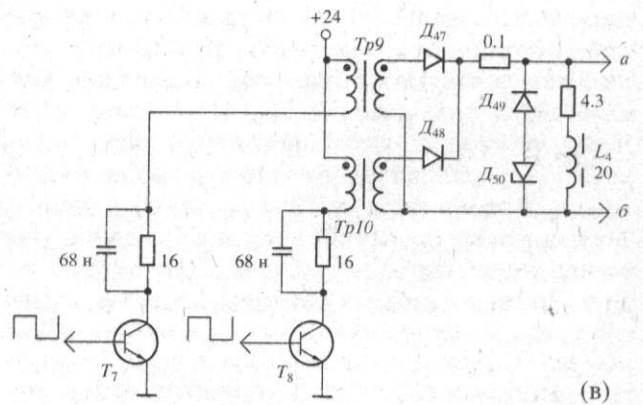
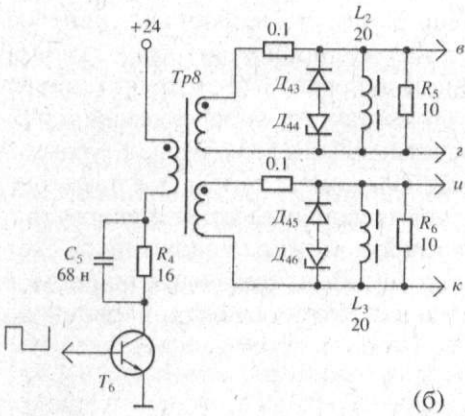
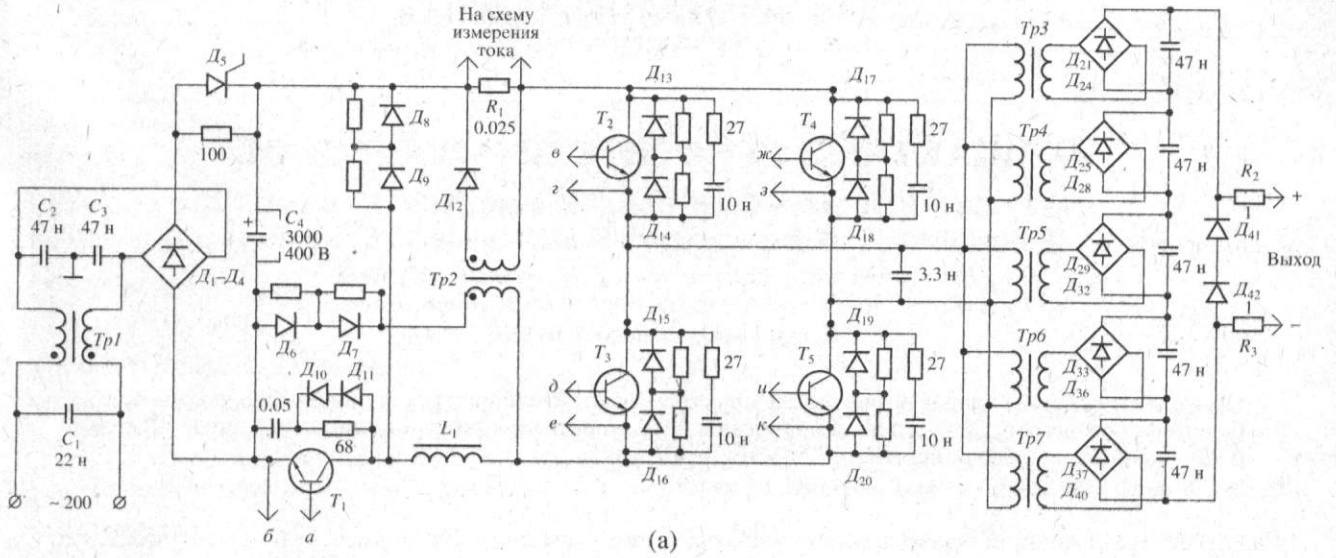
Для снижения уровня помех, наводимых на сеть, в цепь питания включен фильтр на емкостях  $C_1$ – $C_3$  и дросселе  $L_1$ .

На рисунке (б) представлена схема формирователя импульсов тока базы силовых транзисторов  $T_2$  и  $T_5$ . Отпирающий импульс необходимой длительности формируется транзистором  $T_6$ . Резистор  $R_4$  ограничивает базовый ток силовых транзисторов, а конденсатор  $C_5$  ускоряет процесс их отпираания. Дроссели  $L_2$  и  $L_3$  обеспечивают запирающий ток базы транзисторов. Цепочки диодов  $D_{43}$ ,  $D_{44}$  и  $D_{45}$ ,  $D_{46}$  ограничивают величину отрицательного напряжения на базах в момент запираания. Резисторы  $R_5$ ,  $R_6$  служат для демпфирования колебаний в базовых цепях.

Схема формирователя тока базы транзистора  $T_1$  приведена на рисунке (в). Транзисторы  $T_7$  и  $T_8$  поочередно формируют отпирающие импульсы, которые могут перекрываться, обеспечивая непрерывный ток базы силового транзистора.

Напряжение с токоизмерительного шунта  $R_1$  передается в управляющую схему в аналоговом виде с помощью дифференциальной оптопары ОД301.

Процесс заряда накопительных емкостей описываемым преобразователем делится на две стадии: вначале они заряжаются максимальным током, а затем при приближении напряжения на емкости к требуемому значению дозаряжаются импульсами тока, вырабатываемыми при кратковременных включениях преобразователя. Минимальная длительность импульсов равна одному



Принципиальные схемы преобразователя: а – силовой его части; б, в – узла управления силовыми транзисторами (б –  $T_2$  и  $T_5$ , в –  $T_1$ ).  $T_1$ – $T_5$  – ТК235-40-4,  $T_6$ – $T_8$  – КТ829А;  $D_1$ – $D_4$ ,  $D_{41}$ ,  $D_{42}$  – МДД40,  $D_5$  – Т122-25-10,  $D_6$ – $D_{40}$ ,  $D_{43}$ ,  $D_{45}$ ,  $D_{47}$ – $D_{49}$  – КД213Б,  $D_{44}$ ,  $D_{46}$ ,  $D_{50}$  – КС815А;  $Tr1$ ,  $Tr2$ ,  $Tr8$ – $Tr10$  – сердечник  $K40 \times 25 \times 11$  М2000НМ-А, соотношение витков 1 : 1 ( $Tr1$ ,  $Tr2$ ), 2 : 1 : 1 ( $Tr8$ ), 2 : 1 ( $Tr9$ ,  $Tr10$ ),  $Tr3$ – $Tr7$  – сердечник  $2 \times K40 \times 25 \times 11$  М2000НМ-А, соотношение витков 1 : 1; выравнивающие резисторы (параллельные диодам) – 47 кОм.

полупериоду частоты преобразования. Эта особенность преобразователя позволила строить на его основе импульсные генераторы с точностью заряда емкостей не хуже  $\pm 0.05\%$ .

Опыт использования преобразователей показал, что даже незначительные сбои в работе схемы управления, вызванные нарушениями или переходными процессами в цепях ее питания, могут привести к выходу из строя силовых транзисторов. Поэтому были предприняты специальные меры по контролю питания схемы управления. Подача отпирающих сигналов на базы силовых транзисторов исключается, если хотя бы одно из внешних или внутренних питающих напряжений находится вне допустимых пределов. Контролируется также сетевое напряжение.

По отношению к нагрузке описываемый преобразователь является источником тока, поэтому для увеличения выходной мощности допускается параллельное соединение выходов нескольких устройств.

К.п.д. устройства, измеренный в режиме максимальной выходной мощности, составляет 85%.

Работа устройства может синхронизироваться от внешнего тактового генератора, работающего на частоте 50 кГц.

Питается преобразователь от сети 220 В, 50 Гц. Выходной ток может регулироваться от 0 до 2.5 А, выходное напряжение может достигать 800 В.

Конструктивно устройство выполнено в виде блока в стандарте “Вишня” размерами  $160 \times 240 \times 380$  мм.