

## ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ФОРМИРОВАТЕЛЯ АСИММЕТРИЧНОГО ТОКА

Д.Н. Огородников, Е.В. Ярославцев, В.В. Гребенников

Томский политехнический университет

E-mail: ime@tpu.ru

Описан источник питания для формирователя квазисинусоидального асимметричного тока, используемого в электрохимических технологиях. Устройство обеспечивает заданные параметры выходного напряжения в широком диапазоне изменения сопротивления нагрузки и частоты. Номинальная мощность нагрузки 2,5 кВт; выходные напряжения – 250, 50 и 300 В; питание осуществляется от трехфазной сети 380 В ± 10%, 50..60 Гц.

### Ключевые слова:

Источник питания, формирователь асимметричного тока, электрохимические технологии.

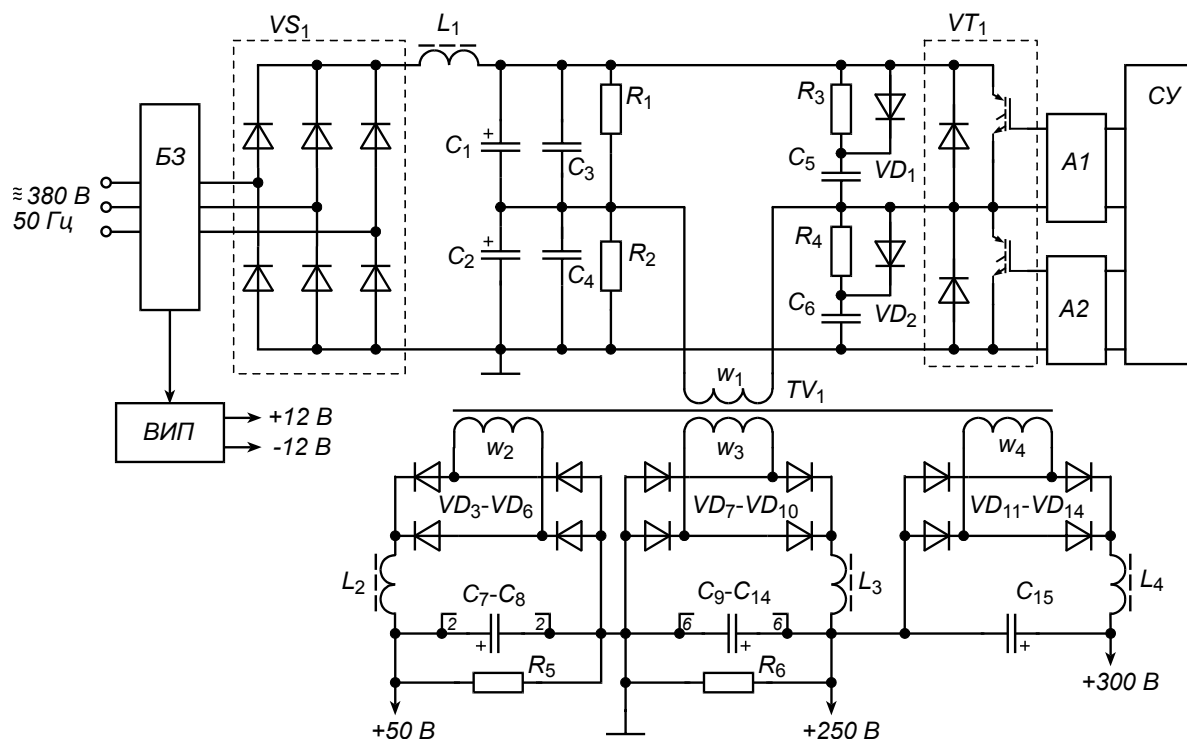
### Key words:

Power supply, asymmetric current driver, electrochemical technologies.

В электрохимических технологиях в настоящее время широко используется переменный асимметричный ток. Это позволяет существенно интенсифицировать электрохимические процессы, а также дает возможность управления ими посредством изменения различных параметров тока, таких как частота, амплитуда и асимметрия. Для научно-практических исследований в сфере использования переменного тока в электрохимии был разработан формирователь квазисинусоидального асимметричного тока [1, 2]. Неотъемлемой составной частью прибора является источник питания.

К источнику питания в данном случае предъявляются следующие требования: потенциальная развязка от питающей сети, наличие двух выходов с уровнями напряжений 250 и 50 В – для питания формирователя тока электрокоагулятора, и выхода 300 В, используемого при питании формирователя для электродиализатора. Диапазон изменения мощности нагрузки примерно десятикратный. Первичная сеть – трехфазная, 380 В, 50 Гц.

Поставленные задачи определили способ построения источника питания. На рис. 1 приведена функциональная схема источника питания.



**Рис. 1.** Функциональная схема источника питания модуляционного формирователя тока: БЗ – блок защиты, ВИП – вспомогательный источник питания, СУ – система управления, А1, А2 – драйверы силовых ключей, элементы источника: VT<sub>1</sub> – модуль 2MB175N-120; VS<sub>1</sub> – модуль 6RI30G-120; TV<sub>1</sub> – трансформатор (сердечник типа ПК, феррит); L<sub>1</sub> – Д177-0,003-12-В; L<sub>2</sub> – Д166-0,003-8; L<sub>3</sub> – мо-пермаллой МП140, 16 полуколец К44-28-10,3, w = 33 витка, провод ПЭВ-1-1,6 мм (L=2 мГн); L<sub>4</sub> – Д141-0,01

Устройство осуществляет преобразование переменного напряжения первичной сети в постоянные напряжения. Основными элементами силовой части инвертора являются: модуль диодный выпрямительный  $VS_1$ , модуль транзисторный  $T_1$ , входной сглаживающий фильтр  $L_1, C_1-C_4$ , силовой трансформатор  $TV_1$ , диоды  $VD_1-VD_5$ , дроссель  $L_1$ . Система управления  $SU$  управляет работой инвертора, который построен по полумостовой схеме, и подключена к транзисторам силовой части через драйверы силовых ключей  $A1, A2$ . Выходной трансформатор  $TV_1$  имеет три вторичные обмотки (по количеству требуемых выходных напряжений), каждая из которых подключена к диодному выпрямительному мосту с  $LC$ -фильтром.

Принцип действия устройства основан на высокочастотном (частота работы инвертора 10 кГц) инвертировании входного выпрямленного напряжения с последующим разделением на три канала с помощью трансформатора. Напряжение каждого канала вновь выпрямляется, сглаживается, и на выходе получаем три различных уровня напряжений в соответствии с техническим заданием. Вспомогательный источник питания  $VIP$  обеспечивает напряжения  $\pm 12$  В для работы системы управления  $SU$  и драйверов  $A1, A2$ . Напряжение питания инвертора получается путем выпрямления входного трехфазного напряжения диодным модулем  $VS_1$ , а также сглаживания пульсаций фильтром  $L_1, C_1-C_4$ . Для обеспечения равенства напряжения на конденсаторах параллельно им включены выравнивающие резисторы  $R_1, R_2$ . Сигналы с  $SU$  приводят к поочередному отпиранию верхнего и нижнего транзисторов модуля  $VT_1$ , следовательно, на первичной обмотке  $w_1$  трансформатора формируется разнополярное прямоугольное напряжение. Снизить выбросы на транзисторах при запираии помогают демпфирующие цепи:  $R_3, C_5, VD_1$  – для верхнего и  $R_4, C_6, VD_2$  – для нижнего транзистора.

Уровни напряжений на вторичных обмотках  $w_2, w_3, w_4$  трансформатора  $TV_1$  различны и определяются коэффициентами трансформации обмоток. Каждое из вторичных напряжений выпрямляется и сглаживается: для выхода +50 В – диодный мост  $VD_3-VD_6$ , дроссель  $L_2$  и конденсаторы  $C_7, C_8$ ; для выхода +250 В – диодный мост  $VD_7-VD_{10}$ , дроссель  $L_3$  и конденсаторы  $C_9, C_{14}$ ; для выхода +300 В – диодный мост  $VD_{11}-VD_{14}$ , дроссель  $L_4$  и конденсатор  $C_{15}$ . В схему добавлены балластные резисторы  $R_5$  и  $R_6$  по выходам +50 и +250 В соответственно. Нужно отметить, что напряжение на конденсаторе  $C_{15}$  равно 50 В, таким образом, выходное напряжение +300 В получено сложением двух напряжений +250 и 50 В. Такой способ построения выходной части связан с относительно небольшой мощностью (около 80 Вт), потребляемой по обмотке  $w_4$ . Кроме того, все три выхода должны иметь общую «землю».

Нагрузкой источника питания является модуляционный формирователь квазисинусоидального

асимметричного тока. Такой формирователь не критичен к стабильности питающего напряжения, поэтому в источнике питания не предусмотрена стабилизация выходного напряжения. Такое решение существенно упростило систему управления инвертором и, в целом, облегчило настройку схемы источника питания. Система управления построена на основе интегральной схемы управления импульсными источниками питания TL494CN. Схема формирует двухтактный сигнал управления, частота работы 10 кГц. Использована функция плавного запуска источника питания, тем самым снижена перегрузка силовых ключей при включении.

Осциллограммы напряжений и токов инвертора в различных режимах работы приведены на рис. 2. Из диаграмм видно, что для исключения сквозных токов в инверторе введена пауза между включением транзисторов полумоста. Внешняя характеристика, полученная в результате эксперимента, показана на рис. 3.

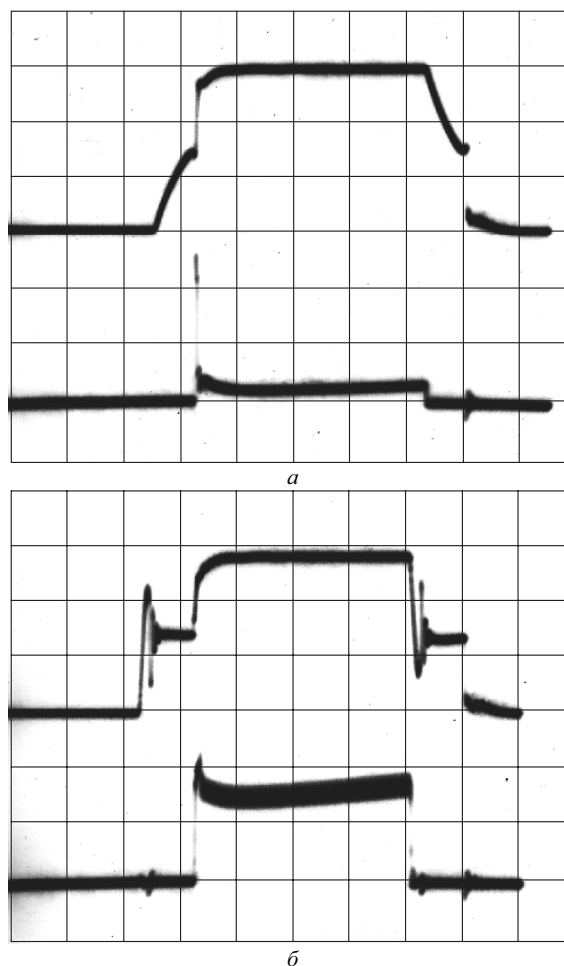


Рис. 2. Напряжение на коллекторе  $U_c$  нижнего транзистора (200 В/дел.), ток коллектора  $I_c$  верхнего транзистора (5 А/дел.), временная шкала 10 мкс/дел. Режим: а) 25 % от номинальной мощности нагрузки; б) 90 % от номинальной мощности нагрузки

Для увеличения надежности устройства введен блок защиты  $BZ$ , обеспечивающий ряд функций:

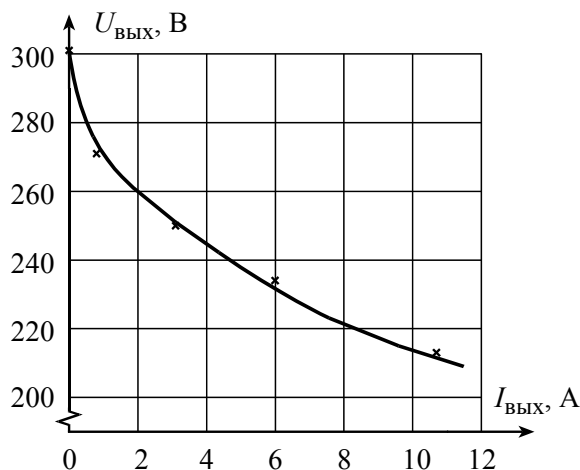


Рис. 3. Внешняя характеристика источника питания (выход +250 В)

- зподачу сетевого напряжения на источник питания;
- защиту от превышения допустимых значений тока сети (автоматический выключатель ВА5125-340010-6,3А);

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багинский Б.А., Гребенников В.В., Нигоф Б.М., Огородников Д.Н., Ярославцев Е.В. Модуляционный формирователь квазисинусоидального асимметричного тока. // Приборы и техника эксперимента. – 2001. – № 2. – С. 121–123.
2. Багинский Б.А., Гребенников В.В., Нигоф Б.М., Огородников Д.Н., Ярославцев Е.В. Источники питания для электрохи-

- индикацию наличия фазных напряжений (лампа неоновая NIM-1G, миниатюрная, 220В, с резистором, зеленая, 3 шт.)
- плавный заряд конденсаторов входного сглаживающего фильтра при первом включении (в блоке имеется пускатель типа ПМЛ11011, контакты которого шунтированы резисторами ПЭВ-15-340 Ом).

Предложенные способ построения источника питания и алгоритм управления инвертором обеспечивают заданные параметры выходных напряжений при работе в широком диапазоне изменения нагрузки.

Опытный образец формирователя тока с источником питания проходил испытания в ООО «Лаборатория ДЭМОС» (г. Томск). Питание прибора осуществлялось от трехфазной сети переменного тока  $380 \text{ В} \pm 10 \%$ , частотой 50 Гц. Эксплуатация показала высокую надежность устройства и соответствие его параметров техническим требованиям.

Основные параметры источника питания: максимальная выходная мощность 2,5 кВт; выходные напряжения – 250, 50 и 300 В; габариты источника питания –  $455 \times 230 \times 330$  мм.

мических установок. // Электронные и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. трудов НПЦ «Полюс» / Под ред. А.И. Чернышева. – Томск: МГП «РАСКО», 2001. – С. 193–198.

Поступила 09.07.2009 г.