



УДК 621.3.72.517.9

МАКЕТ МИНИАТЮРНОГО МОДУЛЯТОРА ДЛЯ СВЧ-ПРИБОРОВ

И. Н. Антонов, А. Г. Лавкин, М. Б. Мысенко,
В. П. Ерёмин, А. В. Россошанский

Саратовский государственный университет
E-mail: tmf@sgu.ru



В данной работе рассматривается макет миниатюрного модулятора для СВЧ-приборов. Модулятор состоит из задающего генератора, который обеспечивает четыре последовательности импульсов, и инвертора, коммутирующего с генератором импульсов, обеспечивающего анодное питание нагрузки. Импульсный анодный ток нагрузки стабилизируется стабилизатором тока на полевом транзисторе. Блок управления и контроля осуществляет общее управление модулятором. Оптимальная характеристика работы магнетрона обеспечивается 16-разрядным микроконтроллером.

Ключевые слова: СВЧ-прибор, генератор импульсов, анодный ток, стабилизатор тока, магнетрон, микроконтроллер, инвертор, конвертор, мостовая схема, импульсный высоковольтный трансформатор.

Model of the Miniature Modulator for Microwave Devices

I. N. Antonov, A. G. Lavkin, M. B. Mysenko,
V. P. Eryomin, A. V. Rossoshansky

In the given paper the model of the miniature modulator for microwave devices is observed. The modulator consists of the master oscillator, which provides four series of the impulses, and of the inverter commutated with the surge generator providing a plate supply of the load. The pulsing plate supply of the load is stabilized by the current regulator on the unipolar transistor. The control and check unit realize the general control of the modulator. The optimal characteristic of the work of a magnetron is provided by the 16-digit microcontroller.

Key words: microwave device, surge generator, sheath current, cur-

rent stabilizer, magnetron, microcontroller, inverter, converter, bridge circuit design, pulsing high-voltage transformer.

DOI: 10.18500/1817-3020-2015-15-3-31-35

Введение

Тенденция разработок систем радиосвязи и антенной техники – при достаточно большой дальности работы этих систем (средняя мощность 1.2 кВт и выше) – обеспечить высокую угловую точность их работы и точность по дальности (фронты импульсов менее 100 нс). Также требуется обеспечить миниатюрность исполнения соответствующих модулей таких систем. Эти требования могут выполняться лишь при переходе к сантиметровым и миллиметровым диапазонам длин волн и при использовании миниатюрных радиокомпонентов (что затрудняет процесс макетирования таких модулей) [1–6].

В данной работе рассматривается макет миниатюрного модулятора для СВЧ-приборов (макет выполнен на зарубежных чип-компонентах).

Структурная схема модулятора

Структурная схема макета модулятора приведена на рис. 1 (при наладке узлы макета оптимизируются с целью миниатюризации и замены критических компонентов).

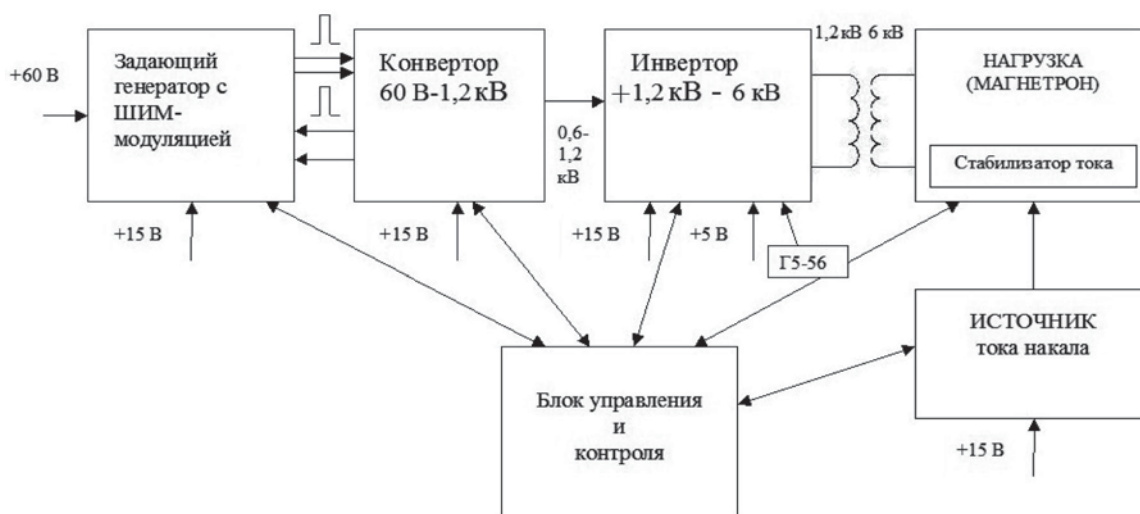


Рис. 1. Структурная схема макета модулятора



Задающий генератор (несущая частота 95 кГц) обеспечивает 4 последовательности импульсов для четырех полевых транзисторов в мостовой схеме конвертора. По цепи обратной связи с конвертора задающий генератор управляется ШИМ, тем самым обеспечивается стабилизация выходного напряжения конвертора.

Напряжение +1,2 кВ с конвертора подается на инвертор +1,2 кВ – 6 кВ.

Инвертор коммутируется генератором импульсов (Г5-56). Импульсы с инвертора обеспечивают анодное питание нагрузки.

Напряжение накала нагрузки обеспечивается конвертором «ИРБИС» (+60 В – +20 В, ток до 7 А), которое для развязки подается через инвертор и разделительный трансформатор.

Импульсный анодный ток нагрузки стабилизируется стабилизатором тока на полевом транзисторе.

Блок управления и контроля (БУК) осуществляет общее управление модулем (кон-

тролируются его электрические параметры) и обеспечивает включение анодного напряжения нагрузки при достаточном прогреве ее термокаатода. Оптимальная характеристика «напряжение-ток» (ВАХ) работы магнетрона обеспечивается 16-разрядным микроконтроллером MICRO-SHIP.

Генератор четырех последовательностей импульсов

Генератор выполнен полностью на зарубежных чип-компонентах. Задающий генератор выполнен на микросхемах MC1 (LM25037). Он обеспечивает две последовательности импульсов с ШИМ-модуляцией для стабилизации. Эти импульсы поступают на микросхемы MC2 и MC3 (1X6R), где они превращаются в четыре последовательности, поступающие на 4 транзистора в мостовой схеме конвертора (рис. 1, блок 2). Цепочки V7 - R3 и V8 - R4 формируют фронты импульсов в последовательностях.

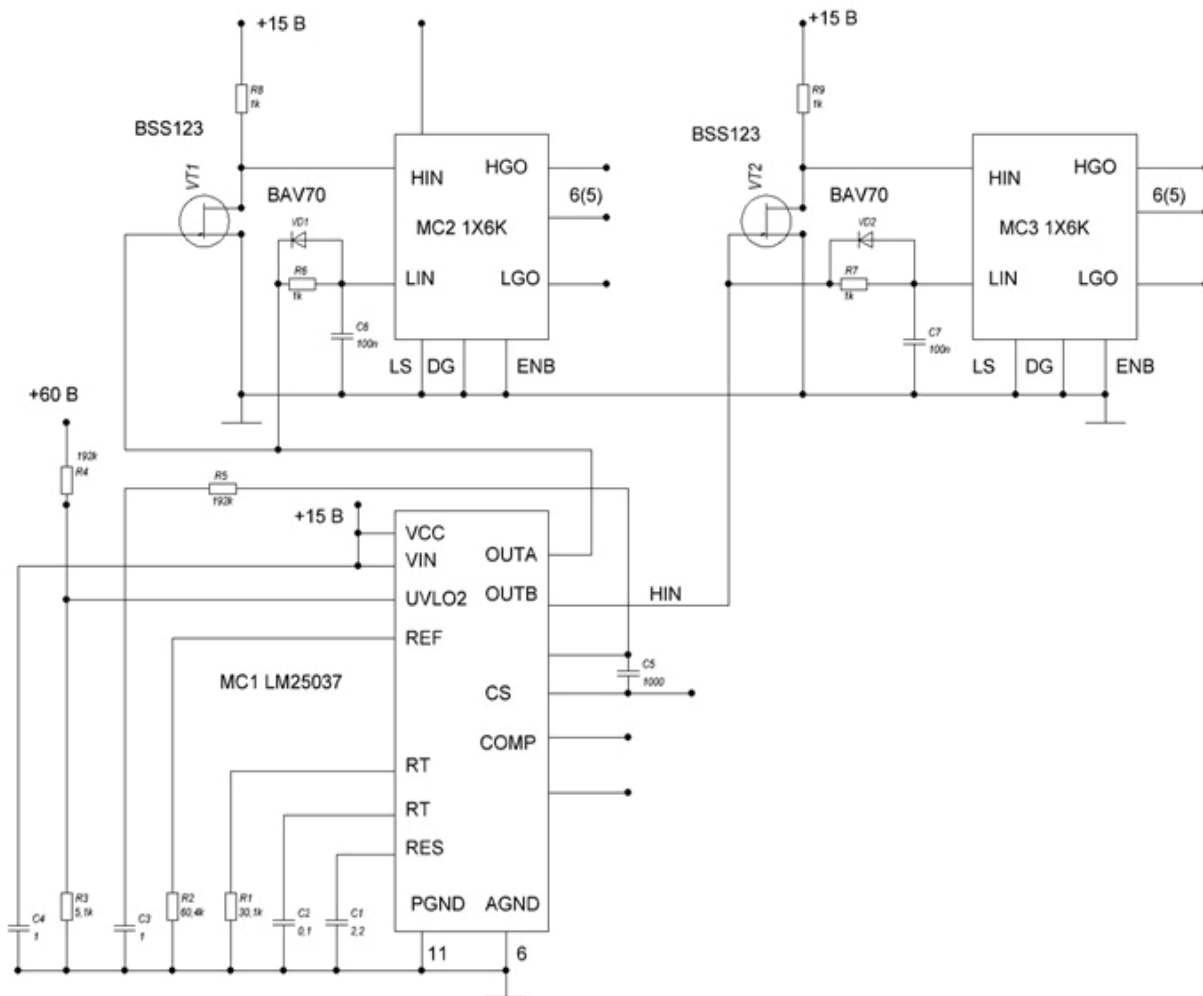


Рис. 2. Задающий генератор



Транзисторы V1 и V2 инвертируют эти последовательности импульсов по фазе. В микросхеме MC1 имеется режим аварийного прекращения генерации импульсов при снижении напряжения питания на 20% (вход микросхемы MC1 UVL02).

Конвертор +60 В – +1200 В

Конвертор преобразует напряжение +60 В в регулируемое 0,5 – 1 кВ. Он собран на четырех транзисторах V3 - V6 (типа 1RFP). Транзисторы V3 и V4 работают в режиме рекуперации энергии.

Дроссели L1 и L2 позволяют уменьшить вдвое обмоточные данные силового трансформатора T2 (1:10). Измерительный трансформатор T1 формирует напряжение обратной связи для задающего генератора. Контроль силового напряжения выполняется на сглаживающем фильтре C32-35 – C15-18. Выходное напряжение подается на инвертор (третий блок рис. 1). Сигнал обратной связи для регулировки ШИМ-модуляции задающего генератора (выходного напряжения конвертора) регулируется потенциометром R25.

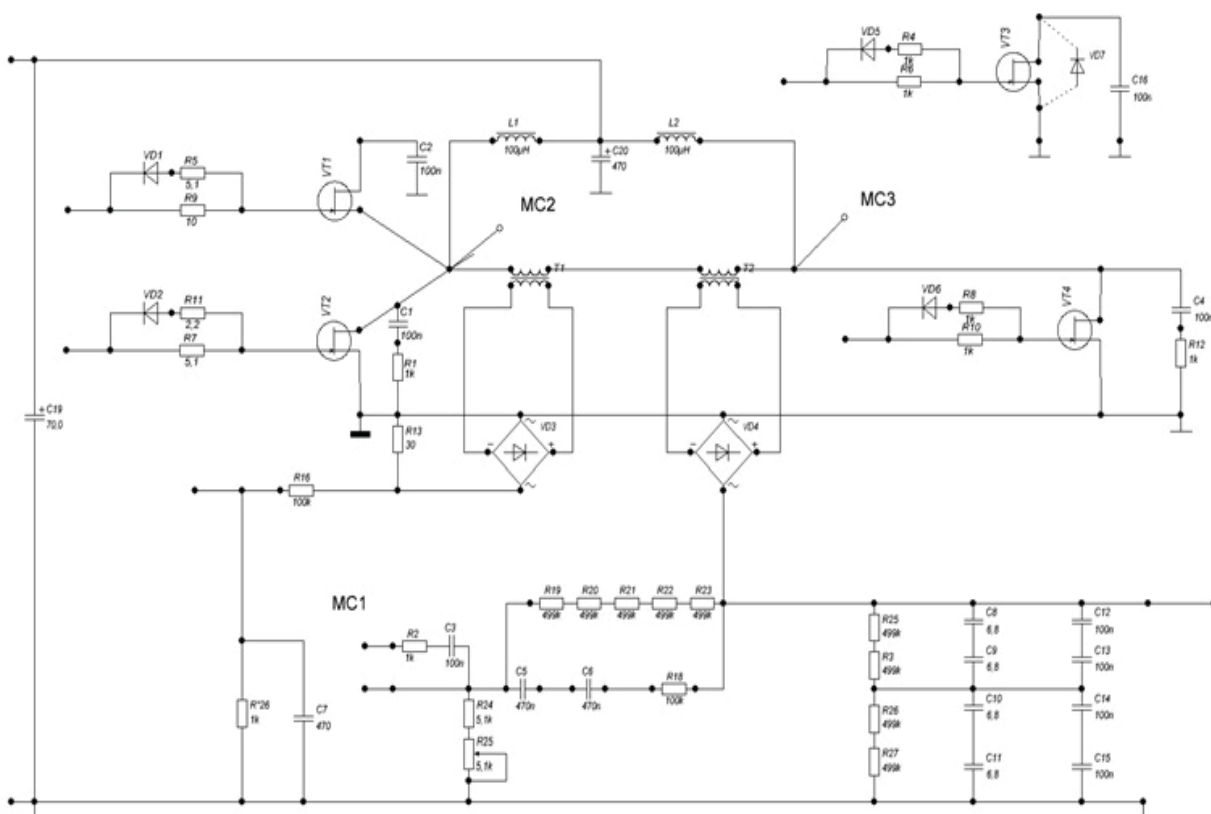


Рис. 3. Конвертор +60 – +1200 В

Инвертор +1.2 кВ – 6 кВ

Инвертор преобразует напряжение 0,5–1 кВ в импульсы 2,5 кВ – 5 кВ. Запуск инвертора выполняется от внешнего генератора (типа Г5-56). Инвертор выполнен на транзисторах CMF1012OD. Напряжение с инвертора через импульсный высоковольтный трансформатор и выпрямитель диодной цепочки подается на нагрузку (магнетрон) (рис. 4, 5). Выходное напряжение стабилизируется по току (рис. 7), тем самым стабилизируется режим работы окончательной нагрузки (магнетрона).

Цепь нагрузки модулятора (магнетрон)

Цепь накала катода нагрузки

Накал катода обеспечивается конвертером ИРБИС с гальванической развязкой от анодного напряжения.

Стабилизатор анодного тока нагрузки

Стабилизатор построен на операционном усилителе LM8261, работа которого регулируется потенциометром. Оптрон АОТ126А обеспечивает защиту стабилизатора от перегрузки.

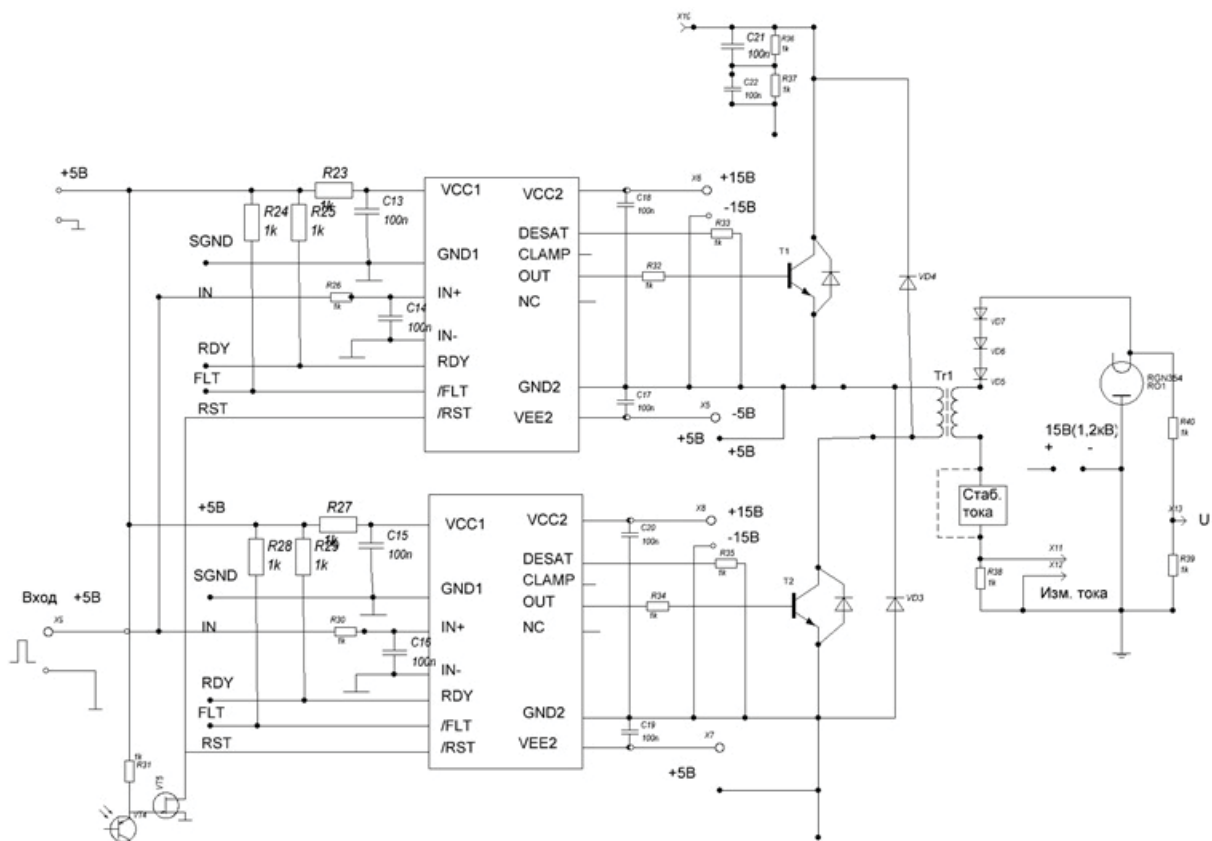


Рис. 4. Инвертор +1.2 – 6 кВ

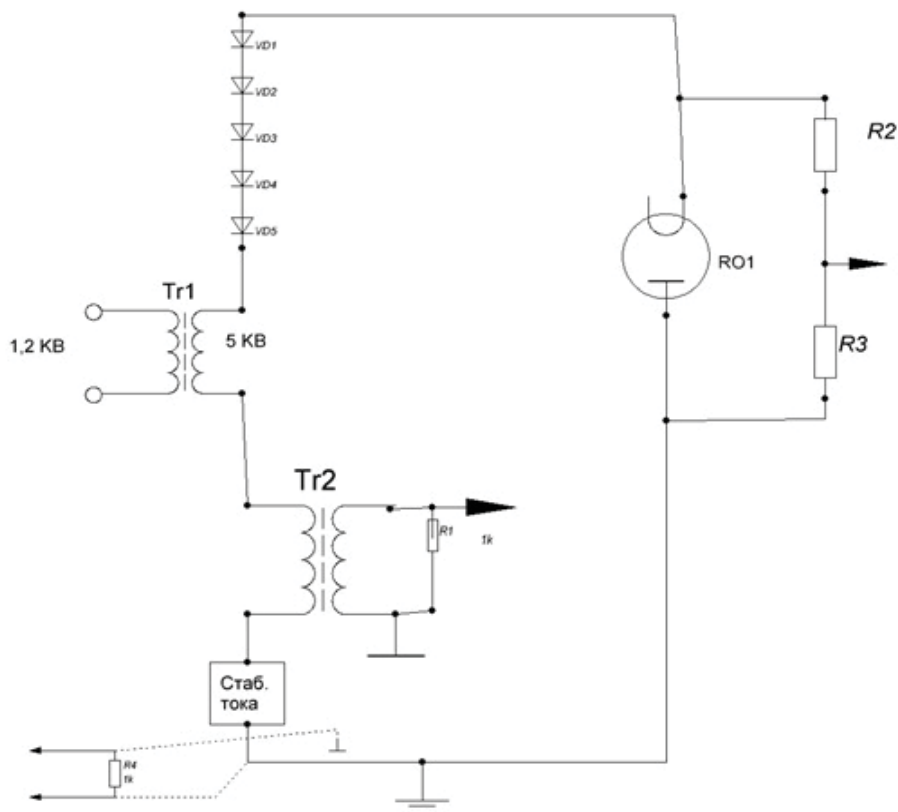


Рис. 5. Цепь нагрузки модулятора



Рис. 6. Цепь накала катода нагрузки

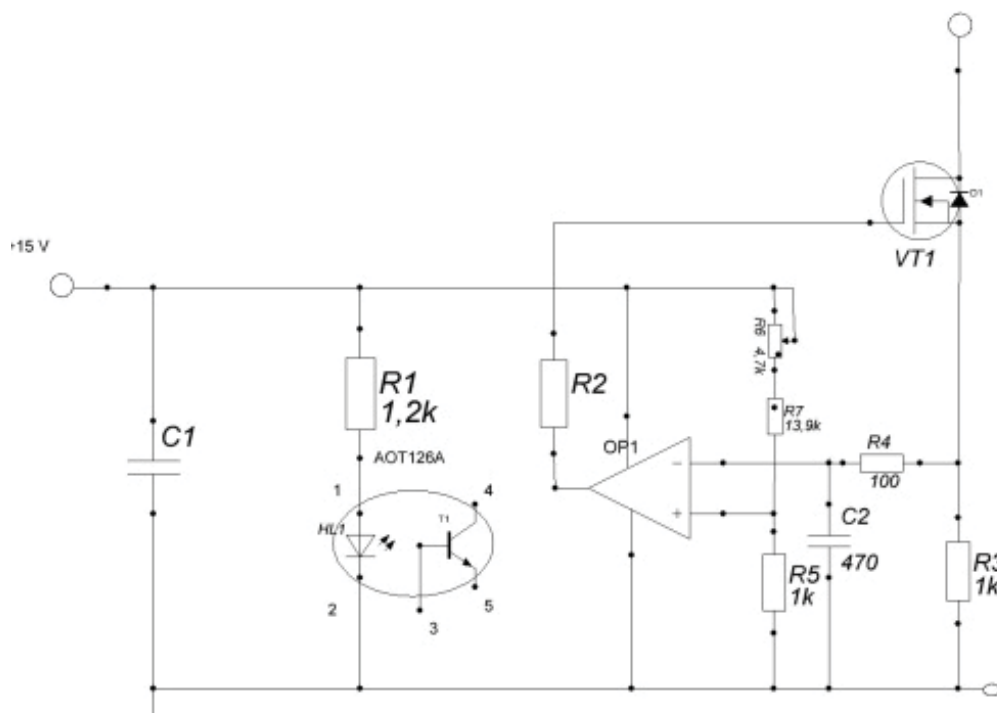


Рис. 7. Стабилизатор анодного тока нагрузки

Таким образом, в работе обсуждаются возможности миниатюрного модулятора для антенной техники. Параметры модулятора оптимизируются при работе с макетом.

Список литературы

1. Москатов Е. А. Источники питания. 12-е изд. СПб. : МК-пресс, 2011. 208 с.
2. Семенов Б. Ю. Силовая электроника. М. : Солон-пресс, 2011. 416 с.
3. Березин О. К. Источники электропитания РЭА. М. : Горячая линия, 2000. 400 с.
4. Царенко А., Серёгин Д. Новые схемы статических преобразователей и их сравнительный анализ // Силовая электроника. Тематическое приложение к журналу «Компоненты и технологии». СПб. : Файнстрит. 2007. № 3. С. 59–66.
5. Сукер К. Силовая электроника. М. : Додека, 2008. 252 с.
6. Редди С. Р. Основы силовой электроники. М. : Техносфера, 2006. 288 с.