

Импульсный источник питания GaN-транзисторов

В.Т. Комаров

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Impulse Power Supply of GaN Transistors

V.T. Komarov

National Research University of Electronic Technology, Moscow

Предложена схема импульсного источника питания усилителей большой мощности на базе GaN-транзисторов. Схема импульсного источника питания содержит источник постоянного напряжения, конденсаторы и управляемые внешними сигналами ключи. Максимальная мощность питания усилителя во время импульса обеспечивается накопленной энергией конденсатора.

Ключевые слова: GAN-транзистор; импульсный усилитель мощности.

The circuit of the high power pulse amplifier supply has been proposed. The circuit of the pulse supply includes the constant voltage source, and the keys controlled by external signals. The maximum power of the amplifier supply at the moment of pulse is provided by the capacitor accumulated energy.

Keywords: transistor of GAN; pulse amplifier power.

GaN-транзисторы предназначены для проектирования высокочастотных усилителей большой мощности. При реализации высокочастотной мощности десятков и сотен ватт уровень рассеиваемой транзистором мощности ограничивает работу усилителя в непрерывном режиме работы источника питания. Импульсный источник питания позволяет понизить среднюю рассеиваемую мощность на величину скважности импульсов. Импульсный режим усилителя осуществляется за счет подачи на затвор запирающего напряжения или за счет включения и выключения питания постоянного источника [1]. Импульсный режим работы усилителя мощности по питанию требует наличия в схеме электронных ключей управления источником постоянного напряжения. В работе [2] представлен импульсный источник питания GaN-транзисторов. Ключом питания усилителя является транзистор LDMOS-структуры, который обеспечивает более высокие уровни токов и напряжений, чем импульсные источники на других полупроводниковых структурах. Управление импульсным источником осуществляется импульсами стандартной логики 5 В. Включение и выключение источника постоянного напряжения вызывает переходные процессы в схеме питания усилителя, которые проявляются в появлении фронтов возрастания и выключения импульса. Результаты компьютерного моделирования показывают минимальные времена возрастания и спада питающего импульса.

Цель настоящей работы – компьютерное моделирование импульсного источника питания, в котором в схему питания встроены емкости. Напряжение питания на транзисторе обеспечивается напряжением на емкости, заряженной от постоянного источника питания. Схема позволяет отфильтровывать паразитные импульсы источника питания в выходном спектре усилителя. Другим преимуществом схемы является использование источников питания, имеющих ограничения по току. Математическое моделирование с помощью современных САПР – эффективный способ исследования и проектирования переходных процессов в электрических схемах с боль-

шими токами и напряжениями. Для решения задачи выбрана программа временного анализа PSPICE в составе САПР ORCAD. Активные элементы исследуемой схемы представлены полными математическими моделями. Нагрузкой импульсного источника является эквивалент GAN-транзистора в виде параллельного сопротивления, определяющего ток стока транзистора и емкости стока.

На рис.1 представлена схема импульсного источника питания. Схема содержит два электронных ключа. В качестве ключей выбран *P*-канальный MOSFET-транзистор FDD5614P компании Fairchild Semiconductor, позволяющий переключать источники напряжения до 60 В и пропускать токи до 15 А. На схеме (см. рис.1) транзисторы обозначены как U1 и U2. Модулятор содержит емкость C5, подключенную параллельно источнику постоянного напряжения Vs2. Принцип работы модулятора: в начале периода импульсной последовательности открыт ключ U2 и закрыт ключ U1, в это время происходит зарядка емкости C5, в следующий момент времени ключ U2 закрыт, а ключ U1 открыт, в этой части периода накопленный емкостью заряд разряжается на нагрузку R-Load7.

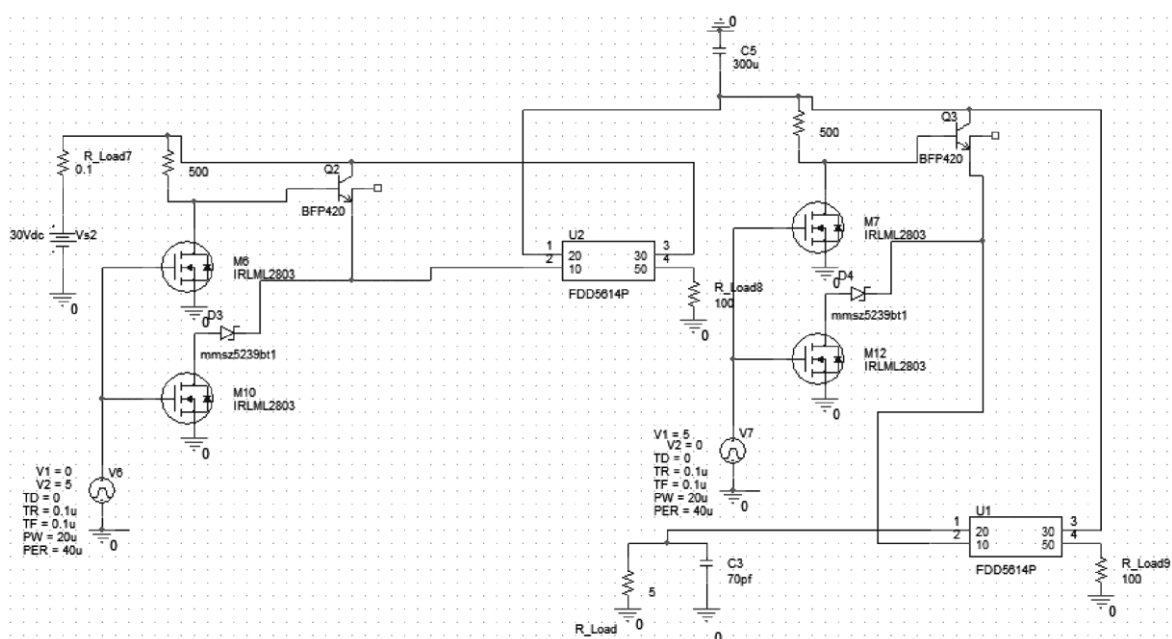


Рис.1. Импульсный источник питания усилителя мощности с двумя ключами

Импульсы управления обоими ключами являются инверсными импульсами одного источника.

Электрическая схема на рис.1 получена средствами схемотехнического редактора программы ORCAD 16.5 Capture. Все транзисторы являются серийными элементами. Разряд емкости C5 вызывает ток нагрузки, который формирует напряжение на усилителе.

На рис.2 представлена временная зависимость напряжения импульсного питания усилителя. Длительность импульса составляет 5 мкс, скважность – 2, емкость конденсатора – 300 мкФ.

Время возрастания импульса 17 нс, время выключения 29 нс при токе 6 А и напряжении постоянного источника 30 В. Наклон уровня импульсного питания зависит от величины емкости зарядного конденсатора. Временная зависимость (см. рис.2) подтверждает теоретическую зависимость уменьшения напряжения импульсного питания от величины емкости зарядного конденсатора:

$$C = \frac{I\Delta t}{\Delta V},$$

где $I = E/R_{Load}$, потребляемый ток усилителя; Δt – длительность импульса; ΔV – падение напряжения на транзисторе.

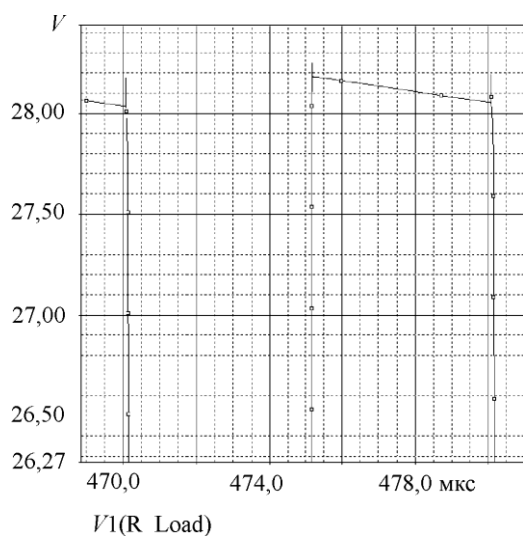


Рис.2. Временная зависимость напряжения импульсного источника питания

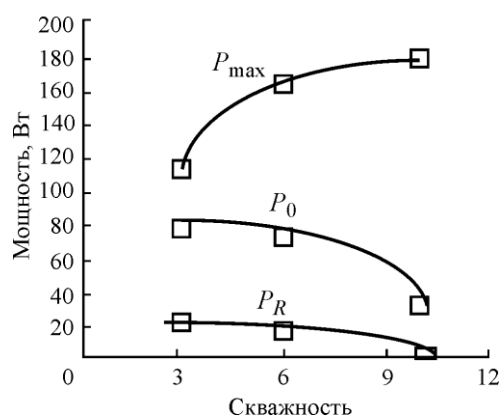


Рис.3. Зависимость импульсной максимальной мощности питания усилителя, мощности источника питания и мощности, рассеиваемой на внутреннем сопротивлении источника питания, от скважности управляющего импульса

Преимуществом предложенной схемы является сохранение максимального уровня питающей мощности в момент импульса при наличии внутреннего сопротивления постоянного питания R_Load7 (см. рис.1). В этом случае при наличии транзистора с большим током часть напряжения падает на внутреннем сопротивлении, соответственно, уменьшается напряжение на транзисторе.

На рис.3 приведены зависимости максимальной потребляемой импульсной мощности транзистором P_{max} , мощности источника питания P_0 и мощности, рассеиваемой на сопротивлении P_R от скважности управляющего импульса на нагрузку. Сопротивление нагрузки и сопротивление источника равны 3,5 Ом, длительность импульса составляет 2 мкс.

Как следует из рис.3, при увеличении скважности импульсного режима мощность питания нагрузки стремится к максимальной величине, мощность источника падает, рассеиваемая мощность на резисторе, включенном последовательно с источником, уменьшается. Наличие сопротивления, включенного последовательно с источником питания, уменьшает максимальный ток переходного процесса в момент заряда емкости. В момент включения резистор должен поглощать значительную мощность.

Таким образом, предложенная схема позволяет увеличить импульсную мощность источника питания.

Литература

1. Федоров А. Работа мощных GaN-транзисторов Microsemi в импульсном режиме // Вестник электроники. – 2013. – № 4. – С. 3–5.
2. Yi H., Hong. Design high speed pulsed power amplifier using LDMOS FET // Progress in Electromagnetics Research M. – 2008. – Vol. 2. – P.153–165.

Поступило
3 марта 2015 г.

Комаров Валерий Терентьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры микросистемных радиотехнических устройств и систем МИЭТ. *Область научных интересов:* компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств. **E-mail:** valerkomarov@gmail.com