

УДК 621.373.072; 621.373.122

В.П. Пушкарёв, А.А. Титов, В.И. Юрченко

Режимные характеристики импульсного генератора на диодах Ганна типа 3А762

Приведены результаты исследований влияния напряжения возбуждения и скважности генерируемых импульсов на характеристики СВЧ-генератора на диодах Ганна типа 3А762, состоящего из ограничителя амплитуды импульсов управления, возбудителя, и резонаторной камеры, с установленным в неё диодом.

Ключевые слова: СВЧ-генератор, импульсная мощность, нестабильность характеристик, настройка.

В системах ближней радиолокации и радионавигации используются генераторы на магнетронах с импульсной выходной мощностью в десятки ватт. Для замены генераторов на магнетронах предлагается СВЧ-генератор на диоде Ганна, управляемый микроконтроллером, генерирующим импульсы ТТЛ-уровня. Генератор состоит из ограничителя амплитуды импульсов управления (далее ограничитель), возбудителя, и резонаторной камеры с диодом Ганна типа 3А762Г [1].

На рис. 1 приведена принципиальная схема ограничителя с возбудителем. Для стабильной работы СВЧ-генератора требуется стабилизация напряжения возбуждения диода Ганна. С целью создания ограничителя, обеспечивающего стабилизацию амплитуды и длительности выходных импульсов при многократном изменении амплитуды импульсов на его входе, была использована схема управления амплитудой однополярных импульсных сигналов, описанная в [2].

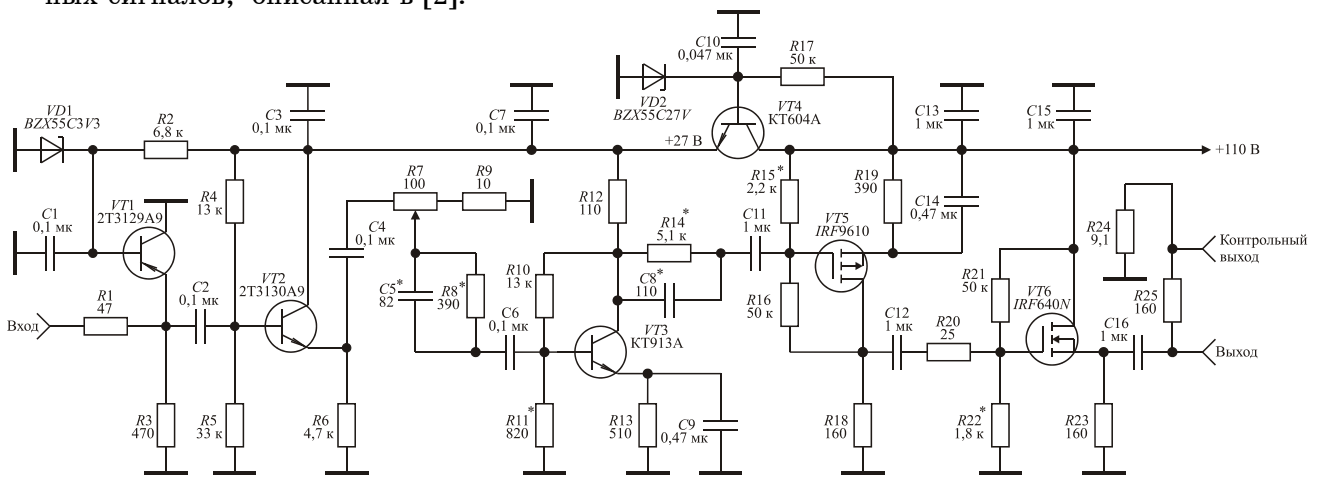


Рис. 1. Принципиальная схема ограничителя с возбудителем

Ограничитель содержит: транзистор $VT1$, играющий роль самоуправляемого ограничителя однополярных импульсных сигналов; стабилизатор напряжения на стабилитроне $VD1$ и резисторе $R2$; делитель напряжения на резисторах $R1$ и $R3$; эмиттерный повторитель на транзисторе $VT2$.

Самоуправляемый ограничитель на транзисторе $VT1$ работает следующим образом. На базу транзистора $VT1$ со стабилизатора напряжения на стабилитроне $VD1$ и резисторе $R2$ подается постоянное запирающее оба перехода транзистора $VT1$ напряжение. В случае использования $p-n-p$ -транзистора, как показано на рис. 1, это напряжение положительное. При подаче на вход ограничителя импульсов положительной полярности транзистор $VT1$ будет заперт до тех пор, пока амплитуда указанных импульсов будет меньше запирающего напряжения, подаваемого на базу транзистора $VT1$. При превышении амплитудой входных импульсов значения запирающего напряжения транзистор $VT1$ открывается, и его входное сопротивление будет составлять доли ом. В этом случае транзистор $VT1$ играет роль самоуправляемого ограничителя.

Делитель напряжения на резисторах $R1$ и $R3$ необходим для сохранения работоспособности ограничителя при работе от генератора с малым выходным сопротивлением.

Эмиттерный повторитель необходим для сохранения работоспособности ограничителя в случае его работы на низкоомную нагрузку. Использование эмиттерного повторителя позволяет сохранять неизменной амплитуду выходных импульсов при работе на произвольное сопротивление нагрузки, ограниченное допустимым импульсным током транзистора $VT2$.

Возбудитель, разработанный на основе импульсного усилителя, описанного в [3], содержит три каскада усиления на транзисторах $VT3$, $VT5$, $VT6$, и стабилизатор напряжения на транзисторе $VT4$, предназначенный для питания ограничителя и первого каскада возбудителя.

В каскадах на транзисторах $VT3$, $VT5$ использованы корректирующие цепи первого порядка (элементы $C5$, $R8$ и $C8$, $R14$), обеспечивающие высокие технические показатели, несмотря на свою простоту [4].

Особенностью работы импульсных диодов Ганна, и лавинно-пролетных диодов является изменение их сопротивления в процессе возбуждения, и для стабильной работы СВЧ генераторов на этих диодах требуется возбудитель с выходным сопротивлением, составляющим десятые доли Ом. Для реализации указанного требования выходной каскад возбудителя на транзисторе $VT5$ выполнен по схеме с общим стоком с выходным сопротивлением не более 0,05 Ом.

Рабочие импульсные напряжения диодов Ганна, и лавинно-пролетных диодов индивидуальны и лежат в диапазоне 10...100 В. Поэтому между ограничителем и возбудителем установлен потенциометр $R7$ (см. рис. 1), позволяющий менять выходное импульсное напряжение возбудителя в указанных пределах.

Резонаторная камера выполнена в виде волновода сечением 23×10 мм и длиной 46 мм. Генераторный диод устанавливается внутри волновода на расстоянии $\lambda/4$ либо $3\lambda/4$ от закороченного края волновода, где λ – требуемая длина волны генерируемого колебания.

Для грубой подстройки частоты генерации в волноводе прорезана продольная щель, куда входит винт, вкручиваемый в держатель диода Ганна, и через который импульс возбуждения подается на диод. Изменение частоты генерации осуществляется с помощью смещения держателя диода Ганна, служащего для него радиатором.

Для настройки резонаторной камеры на частоту генерации диода Ганна, и получения тем самым максимальной выходной мощности СВЧ генераторного модуля, между диодом и закрытым краем волновода в широкую стенку волновода ввинчивается металлический винт, который фиксируется контргайкой. На рис. 2 показан общий вид СВЧ-генератора.

Технические характеристики СВЧ-генератора:

Рабочая частота, ГГц	9,1...10,4
Выходная импульсная мощность, Вт, не менее	35
Длительность импульсов запуска, нс	10...200
Скважность импульсов запуска	500...2000
Время установления и спада СВЧ-импульса, нс	6...8
Амплитуда импульса запуска	ТТЛ
Амплитуда импульса сигнала индикации	ТТЛ
Полярность запускающих импульсов	Положительная
Напряжение источника питания, В	+ 110
Потребляемый ток, мА, не более	75

Основными факторами нестабильности частоты генерации генераторов на диодах Ганна и их выходной мощности, согласно [5], являются изменения напряжения возбуждения и температуры корпуса диода. Непосредственное измерение температуры корпуса диода затруднительно. Поэтому на рис. 3–5 приведены результаты исследования влияния напряжения возбуждения $U_{\text{возб}}$ и скважности генерируемых импульсов Q на частоту генерации и выходную мгновенную мощность рассматриваемого СВЧ-генератора при длительности генерируемых импульсов, в соответствии с [1], равной 100 нс.

Гарантированные характеристики диодов Ганна типа 3А762Г достигаются при условиях: $U_{\text{возб}} > 60$ В; скважность импульсов $Q > 1000$; допустимая температура корпуса 100 °С.

Из графиков, приведенных на рис 3, следует, что при указанных условиях относительный уход частоты на вольт составляет $S_u = (\Delta f / f_0) / \Delta U_{\text{возб}} = 1,7 \cdot 10^{-4}$ 1/В. Из графиков, приведенных на рис. 4, найдем, что изменение выходной мощности на вольт составляет: $S_p = \Delta P / \Delta U_{\text{возб}} = 0,7$ Вт/В.

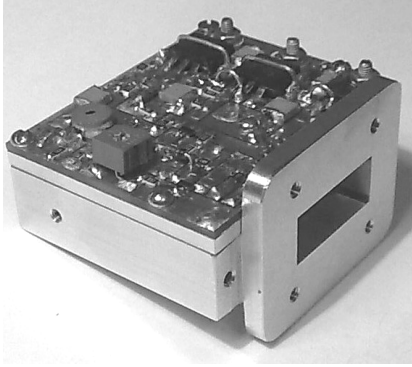


Рис. 2. Общий вид СВЧ-генератора

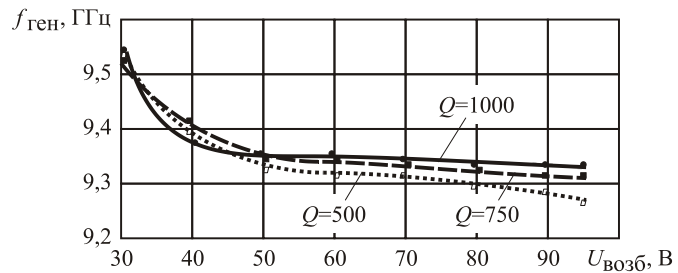


Рис. 3. Зависимость частоты генерации от напряжения возбуждения

Для определения относительной температурной нестабильности частоты генерации $S_T = (\Delta f / f_0) / \Delta T$ воспользуемся графиком, приведенным на рис. 5. Экспериментально установлено, что уменьшение скважности менее значения 250 приводит к выгоранию диода Ганна. Можно сделать вывод, что в этом случае, согласно [1], температура корпуса диода превышает значение 100 °С. С учетом сказанного получим: $S_T = 2 \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$.

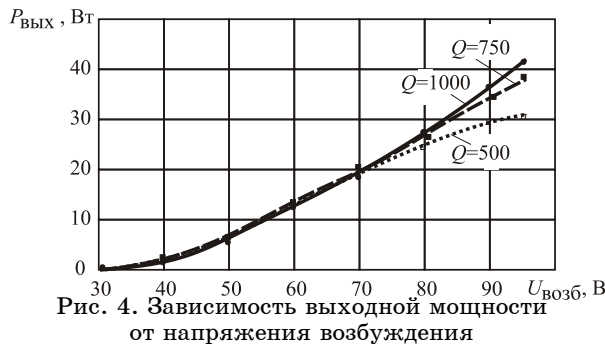


Рис. 4. Зависимость выходной мощности от напряжения возбуждения



Рис. 5. Зависимость частоты генераций от скважности

Заключение. Полученные нестабильности характеристик рассматриваемого СВЧ-генератора качественно совпадают с результатами исследований, описанных в [5], и позволяют рекомендовать СВЧ-генератор для использования в системах ближней радиолокации и радионавигации.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (государственный контракт № 02.740.11.0514 от 15.03.10).

Литература

1. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды: Справочник / Б.А. Наливайко, А.С. Берлин, В.Г. Божков и др.; под ред. Б.А. Наливайко. – Томск: МГП «РАСКО», 1992. – 223 с.
2. Патент № 2328818 РФ, МПК7: H03G 3/30. Устройство защиты усилителя однополярных импульсов от перегрузки по току / А.А. Титов, А.В. Семенов, В.П. Пушкарев. – Оpubл. 10.07.2008. – Бюл. – № 19.
3. Мощный импульсный усилитель для радиолокационных и навигационных систем / А.А. Титов, В.П. Пушкарев, Б.И. Авдоченко, В.И. Юрченко // Приборы и техника эксперимента. – 2009. – № 4. – С. 95–97.
4. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 328 с.
5. Попов В.В. Стабилизация частоты генераторов на диодах Ганна миллиметрового диапазона длин волн // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2009. – № 1. – С. 67–71.

Пушкарёв Владимир Петрович

Канд. техн. наук, доцент каф. средств радиосвязи ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-37-09

Титов Александр Анатольевич

Д-р техн. наук, проф. каф. радиоэлектроники и защиты информации ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-33-65
Эл. почта: titov_aa@rk.tusur.ru

Юрченко Василий Иванович

Зам. ген. директора по науке
ОАО Научно-исследовательского института полупроводниковых приборов (НИИ ПИ)
Тел.: (382-2) 55-82-96

Pushkarev V.P., Titov A.A., Yurchenko V.I.

Operation mode characteristics of pulse generator based on 3A762 type Gann diodes

The research results of the excitation voltage and duty factor of generated pulses influence on the characteristics of microwave generator based on 3A762 type Gann diodes, which consists of control pulse amplitude limiter, exciter, resonator chamber with mounted diode, are presented.

Keywords: microwave generator, impulse power, characteristics instability, adjustment.
