

СВЧ МОДУЛЬ НА ДИОДЕ ГАННА
Кочумеев В.А., Стукач О.В., Пушкарев В.П.
Научный руководитель: д-р техн. наук Стукач О.В.
Томский политехнический университет
Томский университет систем управления и радиоэлектроники

Приведены особенности реализации импульсного генераторного модуля, работающего на диодах Ганна типа 3А750, с рабочим диапазоном частот 9,2...9,6 ГГц, выходной мощностью 5...10 Вт, диапазоном рабочих температур $\pm 50^{\circ}\text{C}$.

СВЧ-генератор, импульсная мощность, управление амплитудой, стабильность параметров.

Рассматриваемый импульсный генераторный модуль предназначен для замены импульсных СВЧ-генераторов на магнетронах, используемых в составе систем ближней радиолокации и радионавигации, и состоит из возбуждителя и волноводного резонатора с установленным в ней диодом Ганна.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема возбуждителя.

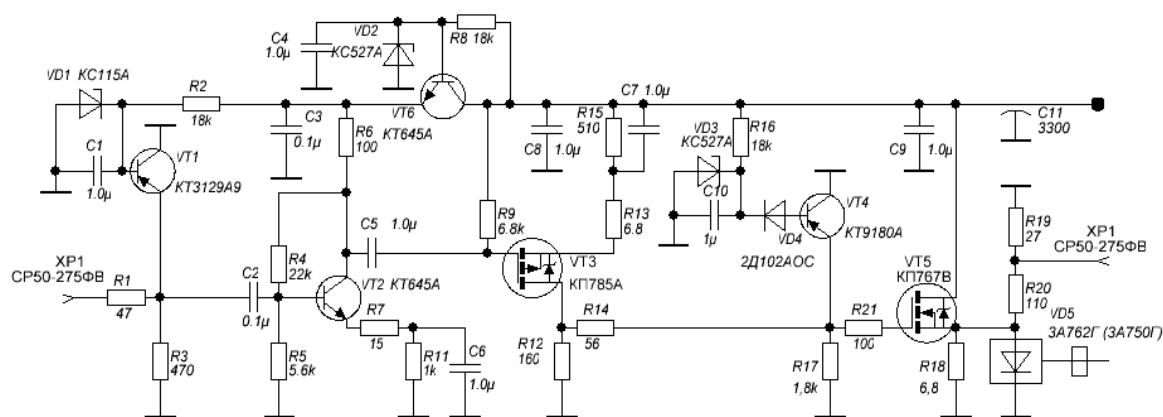


Рисунок 1. Принципиальная схема возбуждителя

УФМС содержит: ограничитель амплитуды входных импульсов на транзисторах VT1; стабилизатор напряжения на транзисторе VT6; регулятор амплитуды на транзисторе VT4; трёхкаскадный импульсный усилитель на транзисторах VT2, VT3, VT5.

Ограничитель на транзисторе VT1 обеспечивает стабилизацию амплитуды сигнала на входе усилителя при изменении амплитуды импульсов на входе возбуждителя и разработан на основе схемы управления амплитудой однополярных импульсных сигналов, описанной в [1].

Ограничитель на транзисторе VT1 работает следующим образом. На базу транзистора VT1 со стабилизатора напряжения, состоящего из резистора R2 и стабилитрона VD1, подается постоянное запирающее оба перехода транзистора VT1 напряжение. В случае использования р-п-р 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 [2].

Делитель напряжения на резисторах R1 и R3 необходим для сохранения работоспособности ограничителя при работе от генератора с малым выходным сопротивлением. При отсутствии делителя, шунтирующее действие транзистора VT1 будет уменьшаться с уменьшением выходного сопротивления генератора и может привести к выходу его из строя, либо выжиганию транзистора VT1.

Трехкаскадный усилитель на транзисторах VT2, VT3, VT5 обеспечивает на своем выходе получение импульсов положительной полярности амплитудой до 60 В и током до 20 А.

Для питания первого каскада возбуждителя необходимо стабилизированный источник питания. Для стабилизации напряжения выбран стабилитрон КС527А и управляющий транзистор КТ645А.

Рабочие импульсные напряжения диодов Ганна типа 3А750 индивидуальны и лежат в диапазоне 27...30 В. Поэтому между выходом усилителя и клеммой возбуждения диода Ганна установлено устройство управления амплитудой импульсов возбуждения на транзисторе VT5, реализованное на основе схемы описанной в [3].

Устройство управления амплитудой импульсов работает следующим образом. На катод диода VD4 со стабилизатора напряжения, состоящего из резистора R16 и стабилитрона VD3, подается постоянное напряжение управления, равное требуемой амплитуде импульсов на выходе устройства. В исходном состоянии диод VD4 закрыт. При подаче на вход устройства импульсов, имеющих амплитуду меньше, чем значение постоянного напряжения управления, диод VD4 остается закрытым. Полевой транзистор VT5, в момент подачи импульсов на вход устройства, входит в насыщение благодаря поступлению на его затвор через резистор R16 отпирающего импульсного напряжения. Сопротивление насыщения транзистора VT5 составляет десятые доли Ом. В этом случае импульс, подаваемый на вход устройства, беспрепятственно проходит на его выход и поступает в нагрузку, на которой выделяется импульсное напряжение, равное амплитуде входных импульсов. При подаче на вход устройства импульсов, имеющих амплитуду, превышающую значение постоянного напряжения управления, диод VD4 открывается, и на затворе транзистора VT5 устанавливается напряжение, равное напряжению управления. Поэтому, как только амплитуда импульса на выходе устройства станет равной напряжению управления, транзистор VT5 входит в режим ограничения, препятствуя дальнейшему росту тока в нагрузке, поскольку напряжение на истоке транзистора VT5 не может превышать напряжения на его затворе.

Использование стабилитронов целесообразно для стабилизации выходной мощности СВЧ генератора в диапазоне температур $\pm 50^{\circ}$ С и при изменении напряжения питания в пределах 50...60 В, в случае использования диодов Ганна типа 3А750Г

Важным достоинством применения устройства управления на транзисторе VT5 является отсутствие спада плоской вершины импульса на его выходе при неизбежном присутствии спада на выходе усилителя, обусловленного наличием в его составе разделительных и блокировочных емкостей. Отсутствие спада обеспечивает стабилизацию частоты генерации диода Ганна в течении действия импульса возбуждения.

На рисунке 2 показан внешний вид возбуждителя, поясняющий особенности его конструктивной реализации.



Рисунок 2. Внешний вид возбуждителя

Волноводный резонатор выполнен в виде волновода сечением 23×10 мм и длиной 50 мм. Генераторный диод устанавливается внутри волновода на расстоянии $\lambda/4$, либо $3\lambda/4$ от его закороченного края, где λ – требуемая длина волны генерируемого колебания.

Для настройки волноводного резонатора на частоту генерации диода Ганна, и получения тем самым максимальной выходной мощности импульсного генераторного модуля, между диодом и закороченным краем волновода в широкую стенку волновода ввинчивается металлический винт, который фиксируется контргайкой.

На рис. 3 показан общий вид импульсного генераторного модуля.



Рисунок 3. Общий вид импульсного генераторного модуля

Технические характеристики импульсного генераторного модуля:

- амплитуда сигнала запуска 2,5...15 В;
- рабочий диапазон частот 9,2...9.6 ГГц;
- длительность импульсов запуска 0,2...1,5 мкс;
- длительность фронта генерируемых радиоимпульсов, не более 100 нс;
- скважность генерируемых импульсов, не менее 500;
- диапазон рабочих температур $\pm 50^0$ С;
- напряжение источника питания 60 В;
- максимальное значение потребляемого тока 30 мА.

На рисунке 4 приведены результаты исследования влияния напряжения возбуждения $U_{\text{возб}}$ и скважности генерируемых импульсов Q на частоту генерации рассматриваемого импульсного генераторного модуля на диоде Ганна типа 3A750 при длительности генерируемых импульсов, в соответствии с [1], равной 1 мкс.

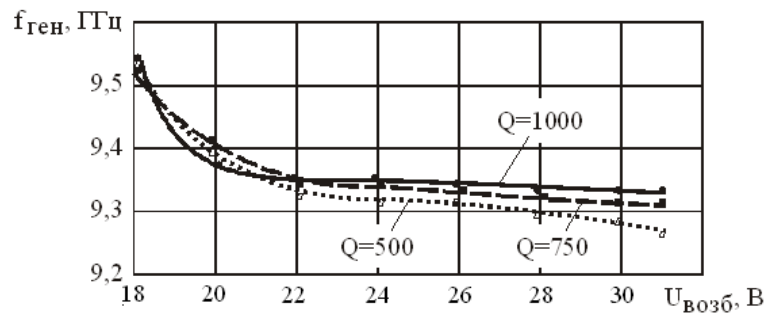


Рисунок 4. Зависимость частоты генерации от напряжения возбуждения

Гарантированные характеристики диодов Ганна типа 3A750 достигаются при условиях: $U_{\text{возб}} > 24$ В; $Q > 1000$; допустимая температура корпуса 100 °С.

Из графиков приведенных на рис 5 следует, что при указанных условиях относительный уход частоты на вольт составляет $S_{\text{ч}} = (\Delta f / f_0) / \Delta U_{\text{возб}} = 1,7 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{В}}$.

Полученные нестабильности характеристик рассматриваемого СВЧ генератора качественно совпадают с результатами исследований описанных в [4] и позволяют рекомендовать СВЧ генератор для использования в системах ближней радиолокации и радионавигации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Титов А.А., Семенов А.В., Пушкарев В.П. Устройство защиты усилителя однополярных импульсов от перегрузки по току. / Патент РФ № 2328818 – Опубл. 10.07.2008. Бюл. № 19.
2. Титов А.А., Пушкарев В.П. Устройства управления амплитудой мощных импульсных сигналов // Электросвязь – 2010. – № 7. – С. 44–46.
3. Титов А.А. Транзисторные усилители мощности МВ и ДМВ. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2006. – 328 с.
4. Попов В. В. Стабилизация частоты генераторов на диодах Ганна миллиметрового диапазона длин волн // Известия вузов России. Радиоэлектроника. – 2009. – № 1. – С. 67–71.