

УДК 621.396

УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ

А. А. Титов, профессор Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, д.т.н.; titovAA@rzi.tuzur.ru

В. П. Пушкарев, доцент Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, к.т.н.

Ключевые слова: импульсные сигналы, устройства управления, регулирование, модуляция, ограничение.

Устройства регулирования, модуляции и ограничения амплитуды импульсных сигналов используются во многих радиотехнических системах, например, в радиолокации, в радионавигации, в системах связи. Недостатком известных схемных решений таких устройств является малый уровень управляемых импульсов [1].

В статье предлагаются схемы устройств управления амплитудой мощных импульсов.

Устройство защиты усилителя однополярных импульсов от перегрузки по току [2]. Функциональная схема устройства защиты приведена на рис. 1.

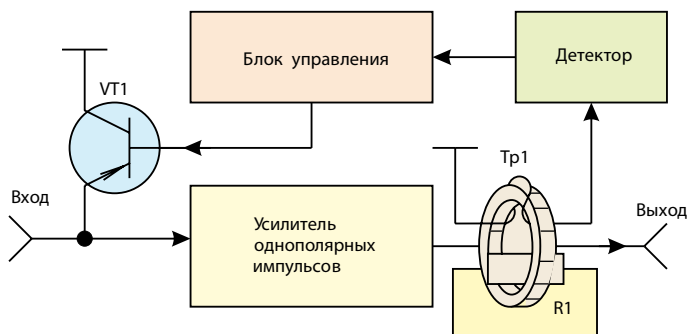


Рис. 1

Устройство защиты содержит трансформатор тока $Tr1$, детектор, блок управления, резистор $R1$, биполярный транзистор $VT1$. Трансформатор тока выполнен на ферритовом кольце. Первичная обмотка трансформатора изготовлена в виде полоскового проводника, продетого сквозь ферритовое кольцо. Вторичная обмотка — несколько витков провода. Имеется дополнительный отдельный виток, закороченный резистором $R1$ для устранения перегрева ферритового кольца при выходной мощности усилителя более 10—20 Вт. С некоторыми изменениями схему можно реализовать на $p-n-p$ транзисторе.

Устройство защиты работает следующим образом. На базу транзистора $VT1$ с блока управления, имеющего малое выходное сопротивление, подается постоянное, запирающее оба перехода $p-n-p$ транзистора положительное напряжение. Транзистор $VT1$ будет заперт до тех пор, пока амплитуда положительных входных импульсов меньше запирающего напряжения на базе транзистора и открывается при его превышении. При этом ограничивается входное напряжение. Транзистор в данном случае играет роль самоуправляемого ограничителя и защищает усилитель от перегрузки по входу.

При превышении выходного сигнального тока заданной величины блок управления понижает напряжение на базе транзистора $VT1$ и, соответственно, ограничивает амплитуду сигнального напряжения на входе усилителя [3]. Таким

образом, устройство защиты работает как схема автоматической регулировки усиления с задержкой [4].

Устройство регулирования амплитуды импульсных сигналов. Идея использования транзистора $VT1$ (см. рис. 1) в качестве самоуправляемого ограничителя импульсных сигналов может быть применена для построения устройств регулирования амплитуды импульсов. Пример реализации рассматриваемого устройства приведен на рис. 2.

Устройство регулирования амплитуды импульсных сигналов содержит: транзистор $VT1$, играющий роль самоуправляемого ограничителя; блок управления в виде резистора $R1$; делитель напряжения на резисторах $R2$ и $R3$; эмиттерный повторитель на транзисторе $VT2$.

Делитель напряжения на резисторах $R2$ и $R3$ необходим для сохранения работоспособности устройства регулирования при работе от генератора с малым выходным сопротивлением. При отсутствии делителя на резисторах $R2$ и $R3$ шунтирующее действие транзистора $VT1$ с уменьшением выходного сопротивления генератора будет уменьшаться и может привести к выходу из строя генератора, либо к выгоранию транзистора $VT1$.

Изменение положения движка резистора $VT1$ и соответствующему изменению выходного импульсного напряжения. Интересно, что при больших амплитудах входных сигналов, амплитуда напряжения импульсов на выходе устройства регулирования строго соответствует напряжению, подаваемому на базу транзистора $VT1$. При амплитудах входных сигналов, не превышающих напряжения на базе транзистора $VT1$, он заперт и не влияет на работу эмиттерного повторителя.

Использование эмиттерного повторителя позволяет сохранять неизменной глубину регулирования амплитуды

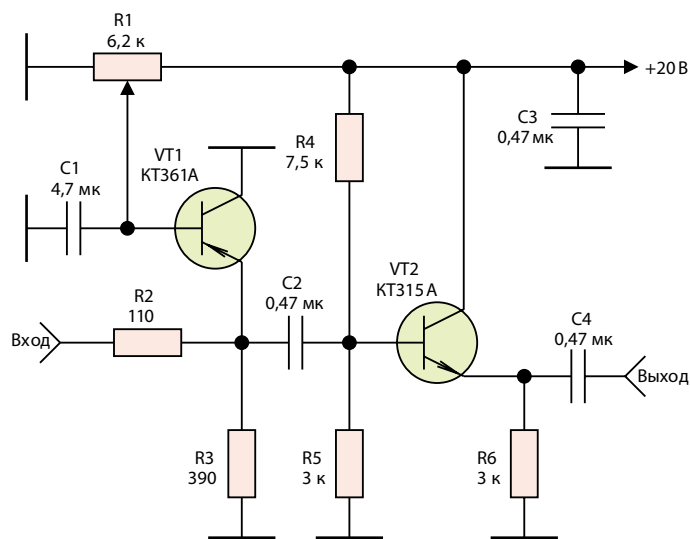


Рис. 2

ды импульсов при работе на произвольное сопротивление нагрузки, ограниченное допустимым импульсным током транзистора VT2.

Технические характеристики устройства регулирования:

полярность входных и выходных импульсов	положительная
допустимая амплитуда входных импульсов	20 В
диапазон регулирования амплитуды выходных импульсов	0,7—15 В
минимальная длительность входных импульсов	10 нс
спад вершины импульсов на выходе при длительности регулируемых импульсов 2 мкс	3%
длительность фронта импульсов на выходе	5 нс
сопротивление генератора и нагрузки	50 Ом

Устройство модуляции амплитуды импульсных сигналов. Выше говорилось, что в устройстве регулирования амплитуды импульсных сигналов амплитуда напряжения импульсов на его выходе строго соответствует напряжению, подаваемому на базу транзистора VT1. Это свойство может быть использовано для создания устройства модуляции (далее модулятор) амплитуды импульсных сигналов. Принципиальная схема модулятора приведена на рис. 3.

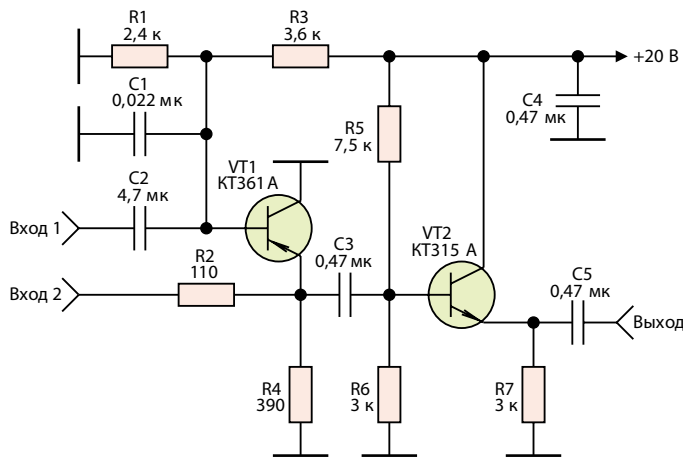


Рис. 3

В модуляторе, в отличие от устройства регулирования, на базу транзистора VT1 подается постоянное напряжение смещения с делителя на резисторах R1 и R3, равное 8 В. На вход 1 подается модулирующее напряжение, на вход 2 — модулируемые импульсы положительной полярности амплитудой 20 В.

В этом случае, при отсутствии модулирующего напряжения на входе 1, амплитуда импульсов на выходе модулятора равна 8 В. При подаче на вход 1 модулирующего сигнала амплитуда импульсов на выходе модулятора будет изменяться по закону модуляции. При амплитуде модулирующего сигнала 8 В глубина модуляции составит 100%.

Технические характеристики модулятора соответствуют характеристикам устройства регулирования (рис. 2).

Устройство ограничения амплитуды импульсных сигналов. Проблема создания устройства ограничения амплитуды импульсных сигналов (далее ограничитель) возникла при разработке импульсного возбуждателя СВЧ генераторов на диодах Ганна типа 3А750, 3А762, генерирующих выходную импульсную мощность до 40 Вт в диапазоне частот 8...12 ГГц [5]. Для стабильной работы СВЧ генератора тре-

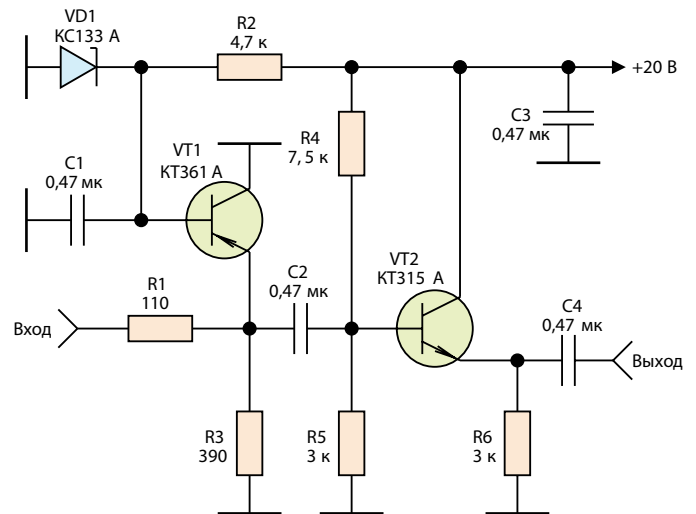


Рис. 4

буется стабилизация напряжения возбуждения. При работе импульсного возбуждателя от микропроцессора, генерирующего импульсы управления ТТЛ-уровня, напряжение возбуждения оказывается нестабилизированным. Это приводит к изменению генерируемой мощности и частоты генерации [6].

На рис. 4 приведена принципиальная схема ограничителя, реализованная на основе устройства регулирования (рис. 2). Для обеспечения постоянства напряжения на базе транзистора VT1 используется стабилитрон VD1.

Важным параметром ограничителя является неизменность формы и амплитуды выходного импульса при изменении амплитуды входного сигнала. Как показали экспериментальные исследования, при изменении амплитуды входных импульсов от 4 до 20 В амплитуда выходных импульсов изменяется от 3,2 до 3,36 В. Важно и то, что изменение амплитуды входного воздействия не приводит к увеличению длительности выходных импульсов, что характерно для классических схем на основе компараторов. При этом выброс на переднем фронте импульса, в рассматриваемом диапазоне амплитуд входных сигналов, не превышает 3%. Остальные параметры ограничителя совпадают с характеристиками устройства регулирования (рис. 2).

На рис. 5 показано расположение элементов ограничителя на печатной плате размером 29 × 16 мм. Пунктирной линией обозначены места металлизации торцов, что может быть сделано с помощью металлической фольги и необходимо для заземления нужных участков печатной платы.

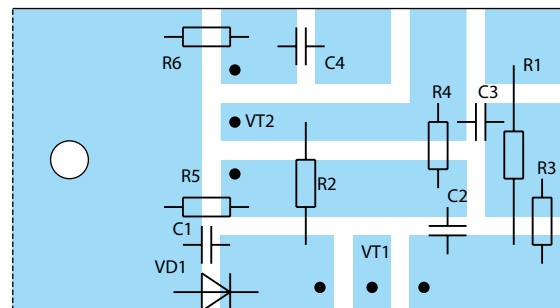


Рис. 5

Внешний вид ограничителя, поясняющий особенности его конструктивной реализации, представлен на рис. 6.

Ограничитель расположен на боковой стенке резонаторной камеры СВЧ генератора на диоде Ганна типа

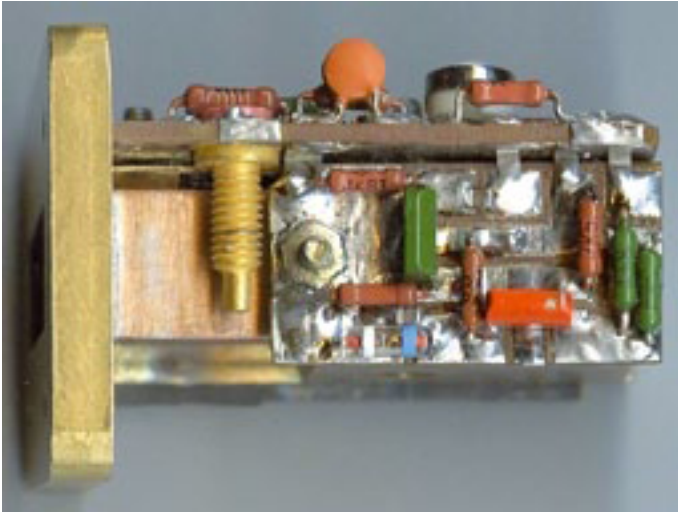


Рис. 6

3A762A и осуществляет стабилизацию напряжения на входе импульсного возбудителя, схемное решение которого приведено в [5].

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. Пикосекундная импульсная техника/**В.Н. Ильюшенко, Б.И. Авдоченко, В.Ю. Баранов** и др.; Под ред. **В.Н. Ильюшенко**. — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 368 с.
2. **Титов А.А., Семенов А.В., Пушкарев В.П.** Устройство защиты усилителя однополярных импульсов от перегрузки по току/Патент РФ № 2328818 — Оpubл. 10.07.2008. Бюл. № 19.
3. **Титов А.А.** Регулировка и модуляция амплитуды мощных сигналов//Электросвязь. — 2007. — № 12. — С. 46—48.
4. **Крисилев Ю.Д.** Автоматическая регулировка и стабилизация усиления транзисторных схем. — М.: Советское радио, 1972. — 272 с.
5. **Пушкарев В.П., Титов А.А., Авдоченко Б.И., Юрченко В.И.** Мощный импульсный СВЧ генераторный модуль//Материалы докладов 19-й Международной Крымской конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», Украина, Севастополь, 14—18 сентября 2009 г. — С. 87—88.
6. Полупроводниковые приборы. Сверхвысокочастотные диоды. Справочник/**Б.А. Наливайко, А.С. Берлин, В.Г. Божков** и др. Под ред. **Б.А. Наливайко**. — Томск: МПИ «РАСКО», 1992. — 223 с.

Получено 10.04.09