

Влияние режима работы выходного усилителя мощности радиовысотомера на длительность "мертвой зоны" его приемника

Д.Е. Курапов, Е.А. Шорохова

Филиал ФГУП «Российский федеральный ядерный центр-Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова», 603137, Российская Федерация, г. Нижний Новгород ул. Троицкая 47, odysey_st@rambler.ru

Исследовано влияние режима работы выходного усилителя мощности радиовысотомера дециметрового диапазона длин волн на длительность "мертвой зоны" его приемника.

The operating mode effect of the L-band altimeter output power amplifier to the low altitude measurement has been studied.

Современные летательные аппараты оснащены комплексом систем автоматизации, обеспечивающим достижение наибольшей эффективности применения. В ряде летательных аппаратов используются импульсные радиовысотомеры дециметрового диапазона длин волн, измеряющие высоту до земной поверхности [1]. Импульсный режим работы радиовысотомера позволяет обеспечить высокую точность измерений.

Требования по массогабаритным характеристикам, предъявляемые к приборам радиоэлектронного оснащения современных видов летательных аппаратов, обуславливают перспективность вариантов построения радиовысотомеров, использующих одну общую антенну для приемного и передающего трактов. Использование одной общей антенны требует решения определенных технических задач при измерении малых высот.

Измерение высоты радиолокационным методом однозначно связано со временем прохождения сигнала до подстилающей поверхности и обратно. За счет наличия связи между передающим и приемным трактом радиовысотомера часть энергии зондирующего импульса передатчика действует на входе приемника, вызывая на его выходе импульс "местной связи", аналогичный сигналу, отраженному от подстилающей поверхности [2]. Для корректной работы радиовысотомера необходимо чтобы длительность импульса "местной связи" была меньше времени распространения зондирующего импульса передатчика до подстилающей поверхности и обратно. Временной интервал, в течение которого на выходе приемника невозможно обнаружить принимаемый полезный сигнал из-за действия импульса "местной связи", будем называть "мертвой зоной" приемника. Минимальная высота, измеряемая радиовысотомером, прямо пропорциональна длительности "мертвой" зоны его приемника.

Длительность импульса "местной связи" существенно зависит от величины развязки между приемником и передатчиком, определяемой, в основном, антенным коммутатором. При достаточной величине развязки длительность "мертвой зоны" определяется временем переходных процессов в линейной системе. В случае перегрузки каскадов приемника требуется дополнительное время, необходимое для окончания переходных процессов и восстановления чувствительности приемника.

Обычно в радиовысотомерах, построенных на основе маломощных твердотельных передатчиков, формирование радиоимпульсного сигнала производится за счет включения и выключения высокочастотного сигнала при помощи одного или нескольких каскадов амплитудно-импульсных модуляторов.

В последние десятилетия широкое распространение в качестве выходного усилителя мощности получили монолитные интегральные схемы, основанные на полевых транзисторах Шоттки или транзисторах с высокой подвижностью электронов (НЕМТ). Такие усилители мощности в большей степени предназначены для работы только в классе А или АВ [3] и потребляют существенный ток даже в отсутствии высокочастотного сигнала. Работа усилителя мощности в таких режимах приводит к повышенному энергопотреблению и при плохом теплоотводе может вызвать его отказ. Для повышения КПД и снижения тепловой нагрузки используют импульсный режим работы по цепи положительного питания усилителя мощности, что является достаточно сложной задачей при значительных значениях тока.

Следует заметить, что по окончании импульса питания усилителя мощности на его высокочастотном выходе будет наблюдаться переходный процесс значительной длительности. Осцилляции по окончании импульса питания вызваны колебательным процессом в питающих и разделительных цепях усилителя мощности при конечных значениях добротностей элементов, образующих данные цепи. При достаточно малой длительности фронтов импульса питания, спектр осцилляций получается достаточно широким, а уровень его составляющих достаточно высок.

Осцилляции на высокочастотном выходе усилителя мощности (УМ) за счет связи между передающим и приемным трактом радиовысотомера вызывают аналогичные осцилляции и в тракте приемника. При определенных обстоятельствах осцилляции в тракте приемника могут привести к выходу в режим насыщения одного или нескольких его каскадов. При этом потребуются дополнительное время для выхода каскадов приемника из режима насыщения. Таким образом, данные осцилляции могут сделать невозможным прием полезного сигнала, тем самым увеличив длительность “мертвой зоны” приемника.

Использование фильтра на выходе усилителя мощности для подавления уровня спектральных составляющих осцилляций представляется нецелесообразным, так как это может привести к еще большему увеличению длительности колебательных процессов.

Исключить влияние осцилляций по окончании импульса питания передатчика на “мертвую зону” приемника возможно за счет выбора момента окончания импульса питания УМ.

Возможные варианты расположения интервала приема полезного сигнала относительно зондирующего импульса и импульса питания усилителя мощности передатчика показаны на рис. 1.

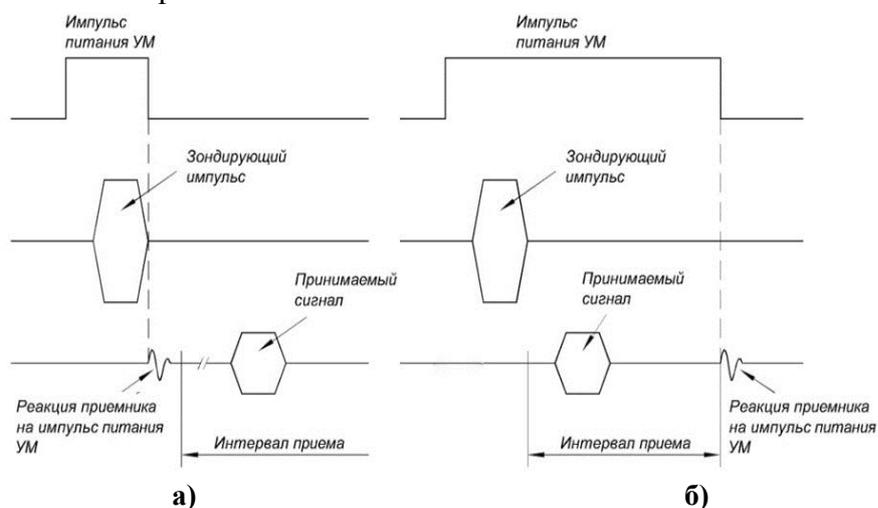


Рис. 1. Варианты управления питанием выходного усилителя мощности.

Режим, показанный на рис. 1а, обычно используется при измерении высот от нескольких десятков метров и выше, когда требования по “мертвой” зоне приема не являются определяющими.

Показанный на рис. 1б режим может быть применен при измерении малых высот, когда используется зондирующий сигнал с достаточно большой скважностью и перенос момента коммутации импульса питания усилителя мощности за интервал приема практически не повлияет на его энергопотребление. В тоже время, это позволяет исключить из времени “мертвой зоны” приема время реакции приемника на коммутацию напряжения питания УМ.

Следует заметить, что вариант организации работы ППУ, показанный на рис. 1б, приводит к увеличению уровня шумов приемника за счет того, что в момент приема полезного сигнала выходной УМ передатчика находится в активном режиме.

С целью рассмотрения влияния режима работы УМ передатчика на “мертвую зону” приемника был исследован приемопередатчик импульсного широкополосного радиовысотомера дециметрового диапазона длин волн. Импульсный зондирующий сигнал в передатчике формировался при помощи нескольких каскадов амплитудно-импульсных модуляторов, а также за счет импульсного режима работы по цепи питания выходного усилителя мощности. Выходная мощность передатчика составила несколько ватт, глубина его амплитудно-импульсной модуляции – более 130 дБ. Предельная чувствительность приемника составила минус 120 дБВт.

На рис. 2 представлена форма спада зондирующего импульса передатчика при варианте управления питанием выходного усилителя мощности, показанном на рис. 1а.

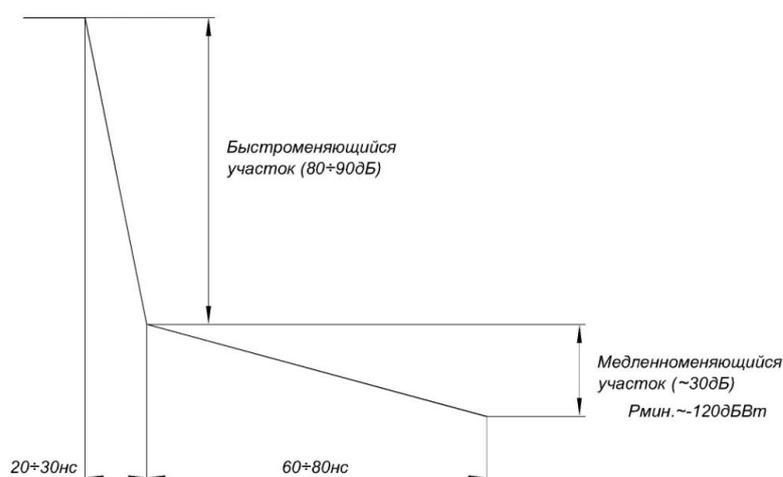


Рис. 2. Форма спада зондирующего импульса передатчика варианте 1а.

Быстроменяющийся участок на рис. 2 обусловлен работой каскадов амплитудно-импульсных модуляторов передатчика, которые формируют начальные (80...90) дБ глубины модуляции за достаточно короткий интервал времени (20...30) нс. Медленноменяющийся участок формируется модулятором питания выходного усилителя мощности. Существенно меньшая скорость изменения ослабления на этом временном интервале (60...80) нс определяется меньшим быстродействием управления СВЧ сигналом, реализуемым при модуляции напряжения питания выходного УМ, а также наличием достаточно длительного переходного процесса (до 50 нс) при коммутации напряжения питания выходного УМ.

При режиме работы, показанном на рис. 1а, и длительности зондирующего импульса передатчика 50 нс, “мертвая зона” приемника составила 160 нс.

На рис. 3. представлена форма спада зондирующего импульса передатчика при варианте управления питанием выходного усилителя мощности, показанном на рис.1б.

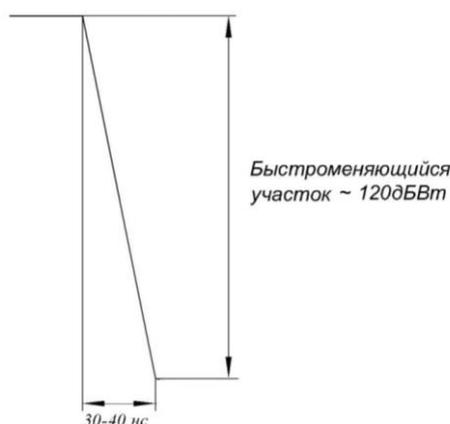


Рис. 3. Форма спада зондирующего импульса передатчика в варианте 1б.

Быстроменяющийся участок на рис. 3. обусловлен только работой каскадов амплитудно-импульсных модуляторов передатчика, формирующих глубину ~ 120 дБ за достаточно короткий интервал времени (30...40) нс.

При режиме работы, показанном на рис. 1б, и той же длительности зондирующего импульса передатчика, “мертвая зона” приемника составила 100 нс, что почти на 40% меньше чем в режиме работы показанном на рис. 1а.

Однако, изменение уровня шумов на выходе приемника за счет внесения шумов выходного УМ передатчика в режиме работы, показанном на рис. 1б, составило $\sim 1,7$ раза (4,5 дБ). Данный параметр не является определяющим при измерении малых высот и величина его изменения является приемлемой.

Как следует из представленных результатов, использование режима управления питанием выходного усилителя мощности, показанного на рис. 1б, позволяет при определенных технических параметрах приемопередатчика на $\sim 40\%$ сократить “мертвую зону” приемника радиовысотомера, что делает возможным измерение малых высот.

Литература

1. Колесников С.В. Стратегическое ракетно-ядерное оружие / МО РФ «Армейский сборник». Москва, 1996. С.28.
2. Катин С.В., Курапов Д.Е., Тибин А.В. Определение параметров антенно-фидерного тракта импульсного командного радиоальтиметра малых высот// Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2012. Т.15. №2. С.49-52.
3. Сечи Ф, Бужатти М. Мощные твердотельные СВЧ-усилители// М.:Техносфера, 2015. С.416.