

## **Повышение помехоустойчивости каналов спутниковой связи при использовании широкополосных дискретных сигналов**

**Н.А. Васильев, В.Н. Юрченко, Д.С. Гладких**

Военная академия связи им. С.М. Буденного

**Аннотация.** Разработка формирователя дискретного ортогонального сигнала для техники спутниковой связи устройства К1М. Рассмотрим шумободобные сигналы с высокой помехозащищенностью. Существуют различные подходы к формированию дискретных сигналов. Среди них можно выделить спектральный и алгоритмический. В статье приводятся способы для разработки формирователя сигналов путем обоснования структурной и функциональной схем, выбор элементной базы и описания принципа работы формирователя.

**Ключевые слова:** системы передачи информации, шумоподобный сигнал, помехозащищенность, связь, полоса частот, кодовая адресация, дискретный ортогональный сигнал.

### **Введение**

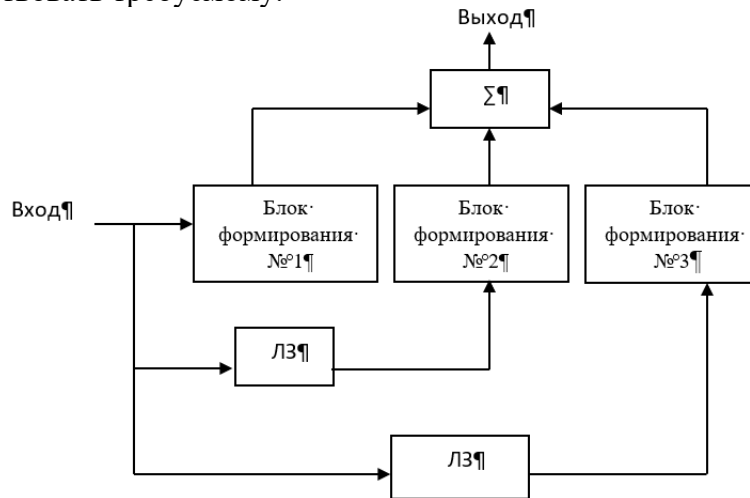
Повышение помехоустойчивости и эффективности систем передачи информации (СПИ) является одной из важных проблем современной теории и техники связи. Объем информации возрастает, увеличивается и дальность связи, более высокими становятся требования к качеству передачи, поэтому с каждым годом СПИ непрерывно совершенствуются и развиваются. В статье речь пойдет о системах связи с шумоподобными сигналами (ШПС), основу которых заложили работы В.А. Котельникова и К. Шеннона, а основы кодового разделения – работа Д.В. Агеева. Данные системы выделяются тем, что обладают высокой помехозащищенностью при действии мощных помех, обеспечивают кодовую адресацию большого числа абонентов и их кодовое разделение при работе в общей полосе частот, обеспечивают совместимость приема информации с высокой достоверностью и измерения параметров движения объекта с высокими точностями и разрешающими способностями. Исходя из этого, предметом научной статьи, будет являться формирователь помехоустойчивых сигналов для приемной части аппаратуры помехозащиты устройства станций спутниковой связи К1М. Статья будет полезна специалистам связи, инженерам предприятий оборонно-промышленного комплекса, в области исследований и разработки аппаратной части техники связи.

### **Разработка структурной схемы формирователя**

Главной задачей при проектировании формирователя дискретного ортогонального сигнала (ДОС) является соблюдение таких требований, как высокая точность и скорость воспроизведения при минимальных затратах. Применяемые ДОС являются кусочно-постоянными и представляют собой последовательности импульсов прямоугольной формы с постоянным значением амплитуды. Подобные сигналы могут быть сформированы с помощью современной импульсной и цифровой техники. Из этого можно сделать вывод, что быстродействие элементов дискретной техники отвечает требованиям по скорости воспроизведения сигналов.

Рассмотрим два более актуальных способа формирования дискретных сигналов, первый способ – спектральный. Интерпретацией спектрального способа является метод сливания импульсов (рисунок 1). Если воспроизвести отдельный каждый

прямоугольный импульс, определенный в интервале  $[t_i, t_{i+1}]$  для всех  $i$ , а затем развести эти сигналы во времени и просуммировать их, то полученный результирующий сигнал будет соответствовать требуемому.



**Рисунок 1.** Структурная схема устройства, реализующего способ сливания импульсов

Спектральный способ формирования также может быть реализован с использованием метода суммирования. Для построения дискретного сигнала нужно просуммировать прямоугольные импульсы по определенному закону: с момента времени  $t_1$  начать сложение первого из них со вторым, с момента  $t_2$  – первого с третьим и т.д.

Общим недостатком спектрального способа формирования ансамблей дискретных ортогональных сигналов является наличие значительных технических затрат при построении генераторов систем ортогональных сигналов.

Второй способ – алгоритмический формирования дискретных ортогональных сигналов, в котором эффект формирования заданных ими последовательностей достигается посредством применения определенных комбинаций первичных сигналов. Их вид зависит от математических выражений, описывающих требуемые сигналы и возможности дискретной техники. Точность воспроизведения сигналов устройствами, синтезированными на основе использования закона формирования системы, является весьма высокой при сравнительно небольших аппаратных затратах. Вывод, наилучшими по отношению к требованиям, предъявленным к формирователям дискретных ортогональных сигналов, являются устройства, в основу функционирования которых положен алгоритмический способ формирования.

Исходя из вышеизложенного, обобщенная структурная схема формирования дискретных сигналов должна содержать устройство, реализующее закон формирования требуемой дискретной функции или кодовой последовательности.

В нашем случае структурная схема устройства формирования помехоустойчивых сигналов будет содержать следующие элементы (рисунок 2):

1. блок регистров сдвига,
2. блок начальной установки,
3. наборное устройство.

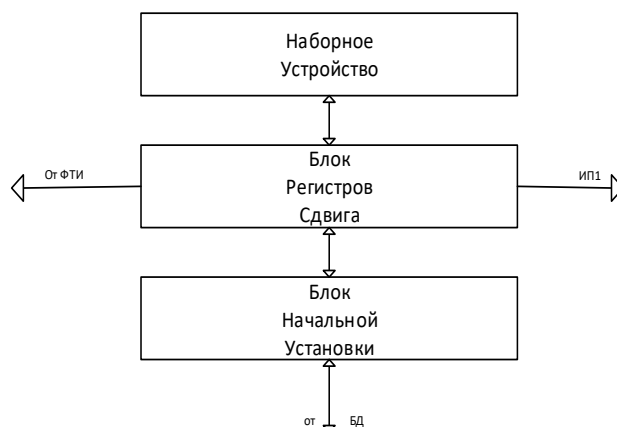


Рисунок 2. Структурная схема устройства формирования помехоустойчивых сигналов

### Разработка функциональной схемы и принцип работы формирователя

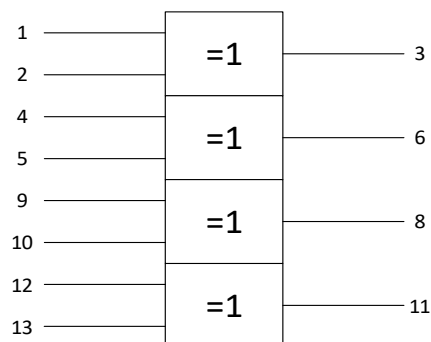
Функциональная схема формирователя помехоустойчивых сигналов может быть получена из структурной схемы. Она будет содержать делитель частоты с входом 2-И, восемь сумматоров, по модулю два, восемь переключателей и один шестнадцатиразрядный регистр сдвига. Работа формирователя помехоустойчивых сигналов осуществляется в два этапа. На первом этапе импульсом с делителя частоты в регистр сдвига записывается кодовая последовательность {1000100010001000}, которая является начальной установкой регистра сдвига. На втором этапе с приходом каждого тактового импульса на тактовый вход регистра сдвига, информация в нем будет сдвигаться на один разряд вправо.

Последовательность импульсов с выхода шестнадцатого разряда регистра поступает на вход первого разряда, а также, через переключатели и сумматоры по модулю два, на входы 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 и 16 разрядов регистра сдвига. Осуществляя коммутацию последовательности импульсов с выхода шестнадцатого разряда регистра переключателями на те или иные, а разряды мы будем менять структуру рекуррентного уравнения, следовательно и структуру самой выходной последовательности формирователя помехоустойчивых сигналов. Таким образом мы реализуем возможность формирования последовательностей максимальной длины различной структуры.

### Элементная база и принципиальная схема

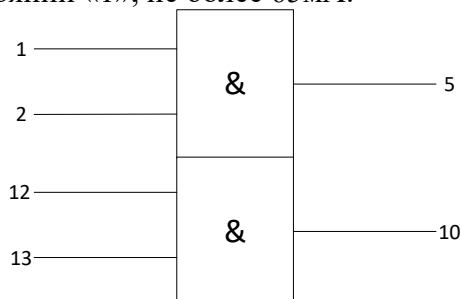
Разработку принципиальной схемы и выбор элементной базы будем осуществлять на основе функциональной схемы формирователя помехоустойчивых сигналов. В качестве элементной базы будем использовать интегральные микросхемы (ИМ) серии 133.

Четыре сумматора по модулю два могут быть реализованы микросхемой 133ЛП-5 (рисунок 3). Основные электрические параметры: номинальное напряжение питания  $5.0\text{В} \pm 5\%$ ; выходное напряжение «0», не более 0,4В; выходное напряжение «1», не менее 2,4В; потребляемый ток, не более 40мА.



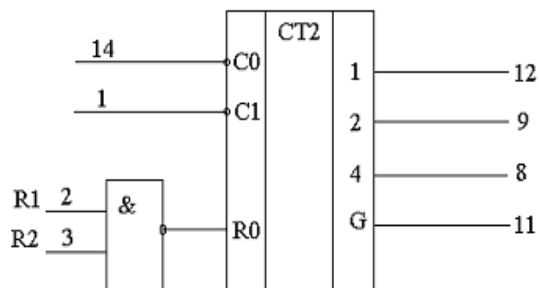
**Рисунок 3.** Условно-графическое обозначение ИМС 133ЛП-5

Схему совпадения, образованную двухходовым элементом И, можно реализовать микросхемой 133КВ-5 (рисунок 4). Основные электрические параметры: номинальное напряжение питания  $5.0\text{В} \pm 5\%$ ; выходное напряжение «0», не более 0,4В; выходное напряжение «1», не менее 2,4В; ток, потребляемый в состоянии «0», не более 11мА; ток, потребляемый в состоянии «1», не более 65мА.



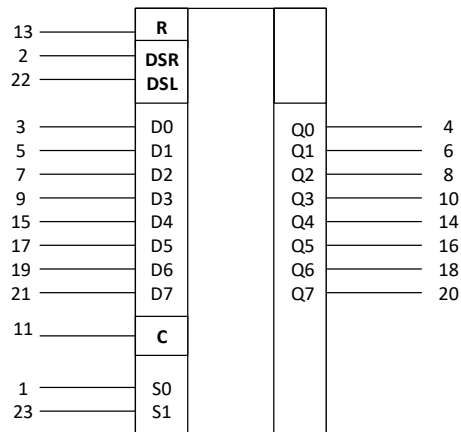
**Рисунок 4.** Условно-графическое обозначение ИМС 133КВ-5

Делитель частоты импульсов, поступающий со схемы совпадения, может быть реализован микросхемой 133НЕ-5 (рисунок 5). Основные электрические параметры: номинальное напряжение питания  $5.0\text{В} \pm 5\%$ ; выходное напряжение «0», не более 0,4В; выходное напряжение «1», не менее 2,4В; потребляемый ток, не более 46мА.



**Рисунок 5.** Условно-графическое обозначение ИМС 133НЕ-5

Шестнадцатиразрядный регистр сдвига может быть реализован на двух микросхемах 133ИР-13 (рисунок 6). Основные электрические параметры: номинальное напряжение питания  $5.0\text{В} \pm 5\%$ ; выходное напряжение «0», не более 0,4В; выходное напряжение «1», не менее 2,4В; потребляемый ток, не более 104мА.



**Рисунок 6.** Условно-графическое обозначение ИМС 133ИР-13

На первом этапе формирователя помехоустойчивых сигналов регистра сдвига, записывается последовательность в двоичном коде {1000100010001000} следующим образом: из блока начальной установки на входы асинхронного сброса регистров поступает импульс низким логическим уровнем с периодом  $65504\tau$  и длительностью  $8\tau$ , где  $\tau = 500\text{нс}$  – период тактовых импульсов. Под действием этого импульса установится низкий логический уровень. Сигнал низкого логического уровня с выходов Q0 и Q4 поступает на входы инверторов, реализованных микросхемой DD4. На выходах инверторов в этом случае будет действовать сигнал высокого логического уровня. Таким образом, если считать выходы инверторов инверсными первым и пятым выходами регистров сдвига, то, при последовательном соединении всех разрядов обоих регистров сдвига, в шестнадцатиразрядный регистр сдвига, образованный микросхемами DD2 и DD7, будет записана вышеуказанная кодовая комбинация.

На втором этапе с приходом каждого тактового импульса на тактовые входы регистров информация в них будет сдвигаться на один разряд вправо. Тактовыми импульсами формирователя помехоустойчивых сигналов являются импульсы, инверсные импульсам ТИ, поступающим от формирователя тактовых импульсов. Импульсы ТИ поступают на вывод 5 микросхемы DD3, выходная последовательность снимается с вывода 6 данной микросхемы и подается на вывод 11 микросхем DD2 и DD7.

Последовательность ИП1 формируется на выходе шестнадцатого разряда регистра и подается на выход БФПС и вход первого разряда регистра сдвига, а через переключатели В1...В8 и сумматоры по модулю два, также подается на входы 2, 4, 5, 8, 10, 12, 14 и 16 разрядов регистра сдвига.

Переключатели В1...В8 и микросхемы DD1, DD5 образуют наборное устройство, реализующее возможность изменения структуры ИП1.

Принципиальная схема формирователя помехоустойчивых сигналов приведена на рисунке 7.

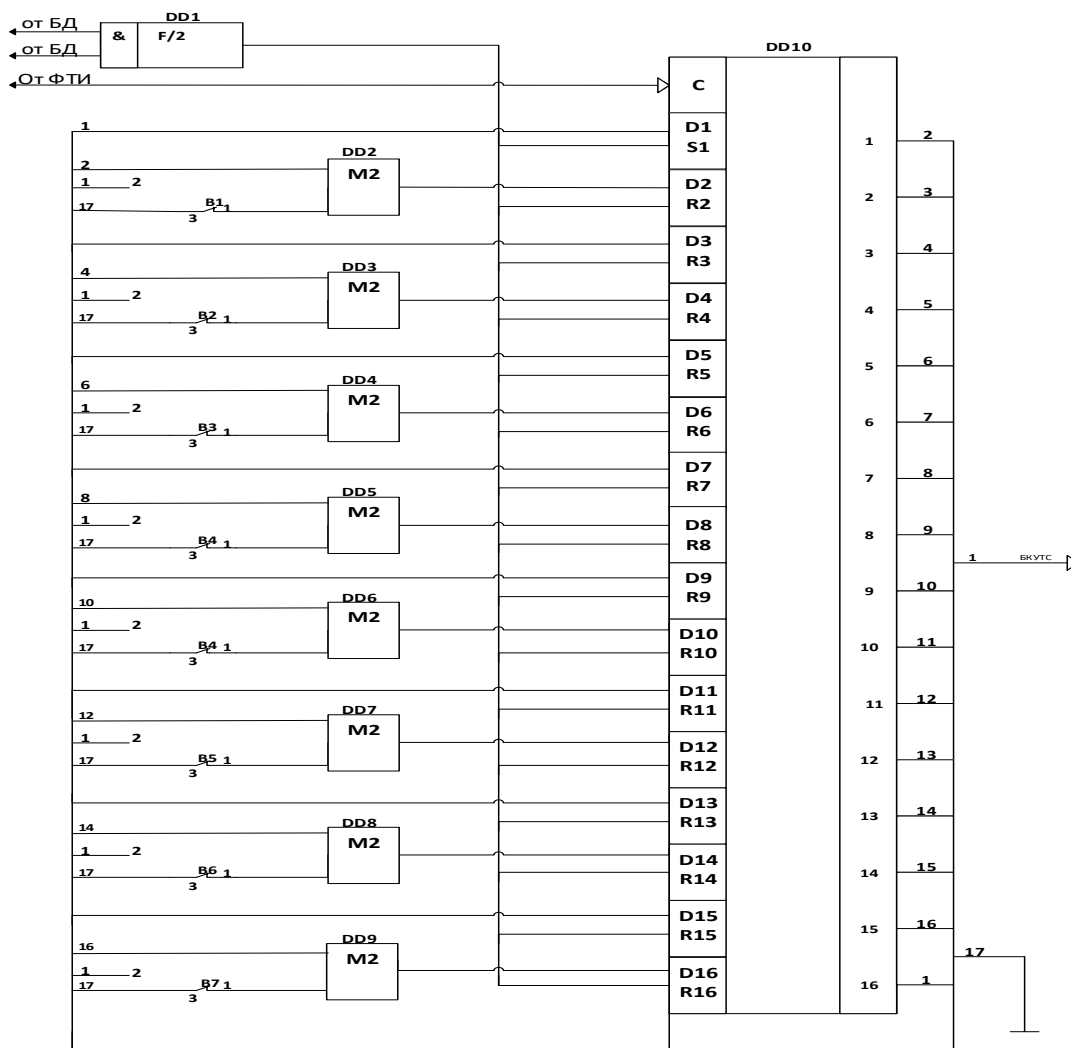


Рисунок 7. Принципиальная схема формирователя помехоустойчивых сигналов

## Заключение

В ходе научной статьи был определен способ повышения помехоустойчивости широкополосных систем связи, а также структура разрабатываемого формирователя помехоустойчивых сигналов. Применение разрабатываемого формирователя помехоустойчивых сигналов обеспечит повышение помехоустойчивости каналов спутниковой связи в два раза по сравнению с аналогом, применяющимся в аппаратуре К1М. Надежность и помехоустойчивость, которые обеспечиваются разрабатываемым устройством должны поспособствовать его внедрению в эксплуатацию.

## Список литературы

1. Турко С.А. Методы проектирования и реализации системы дискретных ортогональных сигналов и вопросы синтеза переносчиков. Киев. 1990.
2. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. - М., Радио и связь. 1985.
3. Защита от помех. Под редакцией Максимова М.В., - М., Связь. 1976.
4. Антонов В.В., Соколенко В.Н. Аппаратура помехозащиты К1М. -Ставрополь: ФРВИРВ, 2003.
5. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации. Под редакцией В.Б. Пестрякова. – М: «Советское радио» 1973.
6. Цифровые интегральные микросхемы: Справочник/ М.И. Богданович, И.Н. Грель, С.А. Дубина и др. Мн.: Беларусь, Полымя. 1996.