

К вопросу моделирования устройств подавления помех для систем дистанционного управления движением технологических машин

Кононов А.Д., email: kniga126@mail.ru¹
Кононов А.А., email: kniga_777@mail.ru²

¹ Воронежский государственный технический университет

² Воронежский государственный университет

***Аннотация.** Рассматриваются принципы и практические модели устройств, позволяющих повысить помехозащищенность систем дистанционного управления движущимися технологическими машинами различного назначения в условиях сложной помеховой обстановки.*

***Ключевые слова:** система управления, модель, технологические машины, импульсные помехи, флуктуационные помехи, компенсационные схемы.*

Введение

В настоящее время известен ряд систем [1] управления (СУ) работой мобильных объектов (МО), содержащих фазоразностное координатомерное устройство [2], вычислительные блоки [3], канал радиуправления с выходом на исполнительные механизмы (ИМ), расположенные на самоходных технологических машинах (ТМ) различного назначения [4-6].

Одним из наиболее важных требований, предъявляемых к системам радиуправления и связи, является неискаженность (достоверность) информации, передаваемой от источника к получателю. В реальных условиях выполнению этого требования неизбежно препятствуют ошибки, которые вызываются внешними помехами, поступающими на вход приемного устройства из канала связи, внутренними шумами, возникающими в самом приемном устройстве, искажениями сигнала, связанными непосредственно с прохождением его по радиоканалу [7]. В настоящее время задачу оптимизации решающей схемы при одновременном воздействии разнородных помех нельзя считать решенной [1,7]. На практике обычно используются компромиссные способы, позволяющие в определенной степени подавлять импульсные помехи и осуществляющие одновременно частичную защиту от сосредоточенных помех. Этим и объясняется многообразие способов защиты приемных устройств от помех различной природы.

1. Моделирование устройств защиты от помех

Подавление импульсных помех путем их компенсации основано на взаимном вычитании импульсных помех в основном (сигнальном) и во вспомогательном (компенсационном) трактах. Идея компенсации помех иллюстрируется на рис. 1.

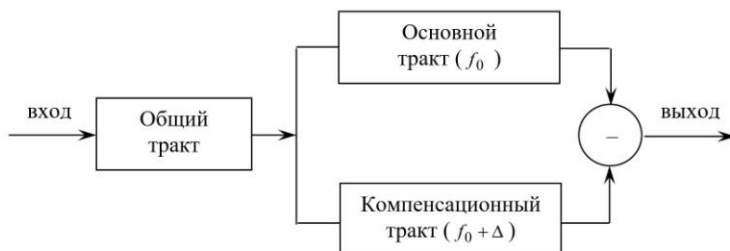


Рис. 1. Компенсационная схема для моделирования подавления импульсных помех со взаимным вычитанием

Импульсная помеха, ввиду ее кратковременности, ударно возбуждает колебания одновременно в обоих трактах – в основном и в компенсационном. Начальная фаза колебаний в обоих трактах, определяющаяся моментом возникновения помехи, будет одинаковой, а частоты колебаний помех равны собственным (резонансным) частотам трактов [7,8].

Заметим, что форма импульсных помех не зависит от частоты настройки резонансной системы, а определяется только видом резонансной характеристики и эффективной полосой частот системы. Следовательно, импульсы помех на выходе основного и компенсационного трактов будут иметь тождественно одинаковые формы, если:

тракты имеют одинаковые резонансные характеристики и равные эффективные полосы частот;

спектральная плотность помехи постоянна в пределах полос частот обоих трактов.

Компенсация импульсных помех будет тем более полной, чем будет меньше отличие между частотами настроек основного и компенсационного трактов, так как в этом случае спектральная плотность в полосах обоих каналов будет практически одинакова. Поэтому расстройка основного и дополнительного трактов по частоте

должна быть минимальной, но достаточной для того, чтобы энергия сигнала не проникала в компенсационный тракт.

При выполнении сформулированных условий одиночные импульсы помехи в отсутствие сигнала в помехе (рис.1) компенсируются полностью.

Поведение компенсационной схемы подобно действию схемы с ограничителем, находящимся между широкополосным и узкополосным трактами (ШОУ) [1], в которой сигнал практически полностью подавляется в интервале длительности помехи с амплитудой, превышающей амплитуду сигнала. Однако, разница состоит в том, что длительность импульса помехи, в интервале которой подавляется сигнал в схеме ШОУ, определяется полосой частот широкополосного тракта и не зависит от полосы пропускания узкополосного тракта, параметры которого определяются параметрами сигнала, тогда как в компенсационной схеме длительность импульсной помехи определяется полосой частот узкополосного фильтра. Из этого следует преимущество схемы ШОУ, что длительность и, следовательно, энергия импульсной помехи в ней может быть сделана как угодно малой. В компенсационной же схеме возможность уменьшения длительности и энергии импульсной помехи ограничивается параметрами самого сигнала.

Возможность компенсации в радиочастотном тракте импульсной помехи по ее мгновенному значению основывается на том, что импульсные помехи в основном и компенсационном трактах имеют одинаковые начальные фазы и амплитуды, и отличаются лишь частотами заполнения. Общий принцип компенсации импульсных помех по мгновенным значениям состоит в преобразовании частоты заполнения импульсной помехи в компенсационном тракте в частоту, равную частоте сигнала, и последующем вычитании из суммарного колебания сигнала и помехи в основном тракте колебания помехи компенсационного тракта.

Идея компенсации импульсных помех по их мгновенным значениям поясняется на рис.2. Этот способ линейной компенсации (до детектора, по мгновенным значениям) принципиально позволяет осуществить полную компенсацию импульсных помех.

Сравним схему ШОУ с компенсационной схемой при минимальной полосе частот широкополосного тракта схемы ШОУ, равной сумме полос частот основного и компенсационного трактов компенсационной схемы (рис.2), то есть при

$$\Delta f_{\text{шп.ш}} = 2 \Delta f_{\text{шп.с}} \quad (1)$$

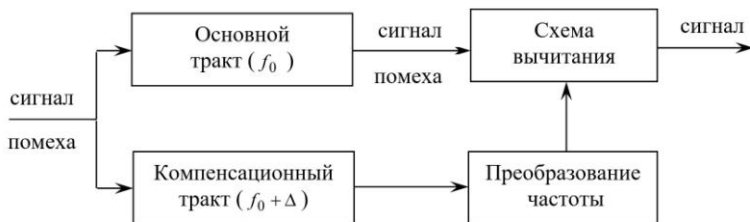


Рис. 2. Компенсационная схема для моделирования подавления импульсных помех с преобразованием частоты заполнения

Заметим, что при таком соотношении полос частот до и после ограничителя схема ШОУ по помехоустойчивости относительно сосредоточенных помех будет не хуже компенсационной помехи. В рассматриваемом случае энергия сигнала в схеме ШОУ при воздействии импульсных помех уменьшается на величину

$$\Delta E = \frac{b}{\Delta f_{\text{эф.ш}}} = \frac{b}{2 \Delta f_{\text{эф.у}}} = 0,5 \frac{b}{\Delta f_{\text{эф.у}}}, \quad (2)$$

где b – коэффициент пропорциональности; для импульсной помехи на выходе одиночного колебательного контура [1]

$$b = \frac{1}{2} \ln \frac{2 S_0 \cdot \Delta f_{\text{эф.}}}{U_0}, \quad (3)$$

S_0 – спектральная плотность, U_0 – амплитуда порога ограничения.

В компенсационной схеме энергия сигнала уменьшается на величину

$$\Delta E = \frac{b}{\Delta f_{\text{эф.у}}}. \quad (4)$$

Следовательно, в модели компенсационной схемы потери энергии сигнала в два раза больше потерь в схеме ШОУ.

С приведением полярности выходного напряжения в модели компенсационной схемы к знаку сигнала энергия сигнала уменьшается на величину

$$\Delta E \approx 0,4 \frac{b}{\Delta f_{\text{эф.у}}}, \quad (5)$$

то есть практически одинаковую с величиной в схеме ШОУ.

Основным недостатком модели по схеме ШОУ является наличие принципиально нелинейного элемента – ограничителя, ухудшающего помехоустойчивость схем приема сигналов относительно сосредоточенных помех, то есть ухудшающего реальную частотную избирательность схемы.

Наличие ограничителя мало оправдывается тем, что он предназначен в схеме в основном для подавления одиночных импульсных помех, следующих с большим или меньшим интервалом во времени. Следовательно, модель по схеме ШОУ работает непрерывно в линейном режиме, тогда как необходимость в нем возникает лишь при появлении импульсных помех.

2. Модель приемного устройства с переключением режимов работы

Из вышеизложенного следует, что наилучшей схемой для комплексной защиты от различных видов помех была бы схема, которая включалась бы по принципу ШОУ лишь в моменты возникновения кратковременных импульсных помех и оставалась бы в линейном режиме в остальное время приема сигналов, обеспечивая максимальную защиту приема от сосредоточенных и флуктуационных помех. Таким образом, целесообразно применять прерывание в широкополосных цепях приемного устройства, где импульсные помехи имеют малую длительность по сравнению с длительностью наиболее короткого элемента сигнала. Этим требованиям отвечает приемное устройство, модель которого изображена на рис.3.

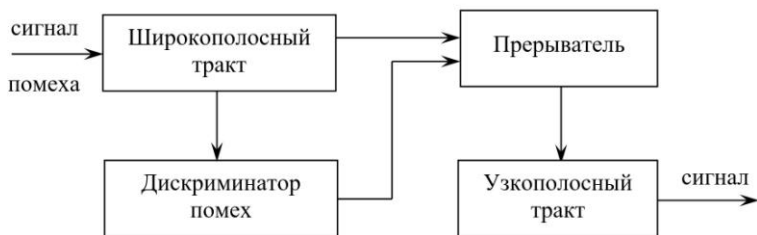


Рис. 3. Модель приемного устройства с переключением режимов работы

В приведенной модели прерыватель управляется напряжением, подаваемым с дискриминатора помех. Импульсная помеха обнаруживается на входе приемного устройства (широкополосный тракт) дискриминатором помех, с которого поступают команды на прерыватель для временного отключения узкополосного тракта от широкополосного, в результате чего на выходе системы напряжение помех будет отсутствовать.

Если полагать, что приемник полностью выключается («запирается») на время действия импульсной помехи, то энергия сигнала, подаваемого импульсом помехи, в рассматриваемом случае будет уменьшаться на величину

$$\Delta E = \frac{b}{\Delta f_{\text{эф.ш}}}. \quad (6)$$

Следует отметить, что при достаточно большой $\Delta f_{\text{эф.ш}}$, это уменьшение будет ничтожно малым.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что модели, построенные по принципу ШПУ, комплексно удовлетворяют требованиям борьбы с разнородными помехами, то есть обеспечивают практически полное подавление импульсных помех и не слишком ухудшают помехоустойчивость сосредоточенных и флуктуационных помех, что позволяет рекомендовать их для создания устройств защиты команд радиуправления при работе технологических машин в сложной помеховой обстановке.

Список литературы

1. Кононов, А.Д. Анализ информационных технологий при построении дешифраторов с частотной и кодовой селекцией сигнала для моделирования и поддержки дистанционного управления функционированием комплекса мобильных объектов в сложной помеховой обстановке / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // В сборнике: Информатика: проблемы, методы, технологии. Материалы XXI Международной научно-методической конференции. – Воронеж, – 2021. С. 404-410.

2. Кононов, А.Д. Информационные технологии применения фазоразностных навигационных систем для управления движением группы мобильных объектов / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // Вестник ВГУ. Сер. Системный анализ и информационные технологии. – 2017. – № 2. – С. 46 – 50.

3. Маршаков, В.К. Экспериментальные исследования разностно-дальномерной системы управления движением мобильных объектов / В.К. Маршаков, А.Д. Кононов, А.А. Кононов // В сборнике: Радиолокация, навигация, связь. Сборник трудов XXIV Международной научно-технической конференции. В 5-и томах. – Воронеж, 2018. – С. 300 – 309.

4. Авдеев, Ю.В. Устройство цифровой обработки выходных сигналов координатомерной системы для дистанционного управления землеройно-транспортными машинами / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов, Н.А. Варданян // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 10 (634). – С. 74-79.

5. Авдеев, Ю.В. Сравнительный анализ фазовых методов определения координат в задачах дистанционного автоматического управления машинами дорожно-строительного комплекса / Ю.В. Авдеев, А.Д. Кононов, А.А. Кононов, Н.А. Варданян // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 1 (661). – С. 86-93.

6. Кононов, А.Д. Построение оптического устройства для выделения траекторий движения в системах дистанционного управления рабочими агрегатами / А.Д. Кононов // В сборнике: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Материалы Международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Редколлегия: П.П. Казакевич (гл. ред.), О.О. Дударев. – Минск, 2011. – С. 118 – 123.

7. Кононов, А.Д. Моделирование методов приема информационного сигнала для дистанционного управления движением мобильных объектов в условиях наличия помех в радиоканале / А.Д. Кононов, А.А. Кононов // В сборнике: Информатика: проблемы, методология, технологии. Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д.Н. Борисова. – Воронеж, – 2019. – С. 399-404.

8. Тихонов, В.И. Сравнительный анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.