

ПРОТИВОФАЗНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОМЕХИ НА ДВУХ СИММЕТРИЧНЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ

В.И. Тамбовцев, А.О. Головенко, Н.С. Никитин

Рассмотрен балансный метод компенсации внешних воздействий на электронную технику, который распространяется на компьютерный симметричный канал связи. Показано, что противофазная фильтрация на симметричных каналах – перспективное направление исследований. Поскольку помеха представляет собой сложную структуру, в которой присутствует коррелированная и некоррелированная составляющие, то нами был рассмотрен метод фильтрации коррелированной составляющей помехи. Было доказано, что противофазная фильтрация хорошо работает против данного вида помехи. Также стала видна необходимость рассмотреть фильтрацию некоррелированной помехи, на которую данный метод не влияет. Работа выполнена в системе Matlab.

Особенность данной работы заключается в том, что она содержит не только теоретические расчеты, но и практическую реализацию данного метода. Для этого была спроектирована специальная схема, показавшая эффективность противофазной фильтрации в борьбе со связанной помехой, и неэффективность данной фильтрации в борьбе с аддитивным шумом.

Ключевые слова: шум, фильтрация, Matlab, восстановление сигнала.

Введение

Противофазная фильтрация на симметричных каналах – перспективное направление исследований. В работе балансный метод компенсации внешних воздействий, применяемый в электронной технике, распространяется на компьютерный симметричный канал связи.

Компьютерные сети подвержены влиянию перекрестных и внешних помех, что относится к проблемам электромагнитной совместимости [1]. В локальных компьютерных сетях обмен сигналами звукового диапазона осуществляется, например, через витую пару, которая заменяет экранированные провода. Обмен информацией в цифровой форме осуществляется по высокочастотным каналам посредством, например, фазовой модуляции несущего гармонического сигнала [2]. Итак, в работе, в качестве носителя информации выбран гармонический сигнал и его зеркальное отображение, передаваемое по симметричным каналам.

Работа выполнена в системе Matlab. Разработан алгоритм для исследования процессов. Представлены в основном положительные результаты моделирования. Проведен анализ основных процессов. В исследованиях представлены далеко не все возможности Matlab, это будет реализовано при продолжении работы.

1. Системная модель фильтрации на симметричных каналах

Цель фильтрации – подавление шумов. Назовем это в работе первой задачей фильтрации. Эффект фильтрации на двух симметричных каналах связан с тем, что полезный сигнал $S_{inp} = S$ идет по двум каналам в фазе ($S_1 = +S$) и противофазе ($S_2 = -S$), а помеха действует на каналы в одной фазе ($N_1 = N_2 = N$). При вычитании на выходе полезный сигнал складывается, а помехи в каналах вычитаются:

$$S_{out} = S_1 - S_2 = S - (-S) = 2S; \quad N_{out} = N_1 - N_2 = 0. \quad (1)$$

В аппаратуре это широко используется. Есть и симметричный вход, например, для симметричного сигнала. Также симметричный вход есть и в операционном усилителе и далее в целом классе балансных схем. Противофазные сигналы испытывают противофазное воздействие всякого рода возмущений. Все просто, но здесь это связано с действием помехи. В идеальном случае после вычитания на выходе помеха исчезает. Рассмотрим это на модели.

На рис. 1 представлена схема модели восстановления сигнала. Входные сигналы действуют «в противофазе». На каналы идентичные помехи действуют «в фазе». На выходе (так выполнена

модель) полностью восстанавливается входной сигнал (но амплитуда увеличивается в два раза). В схеме вычитание выполняется на операторе «X».

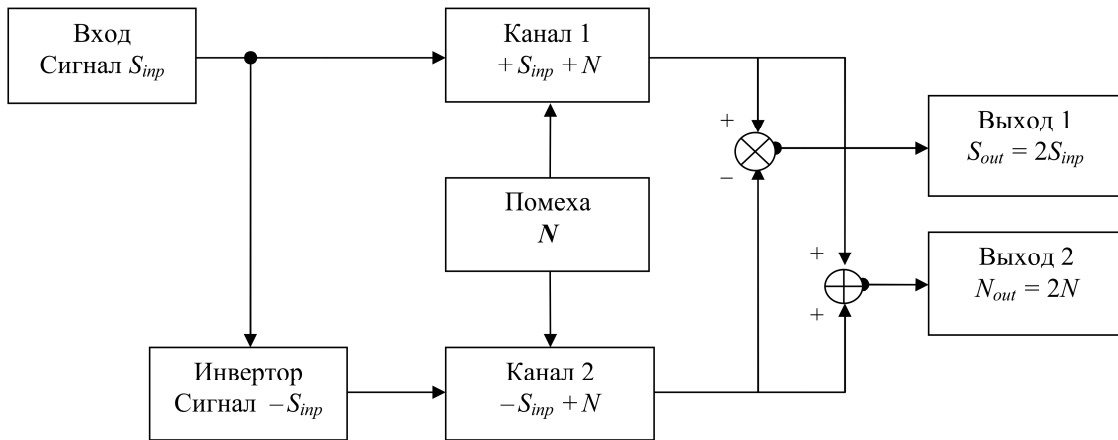


Рис. 1. Системная модель фильтрации на симметричных каналах

Одну из промежуточных целей можно назвать «второй главной задачей фильтрации» – выделение сигнала помехи. Из выражений (1) получается искомый результат, если вычитание заменить сложением:

$$S_{out} = S_1 + S_2 = S + (-S) = 0; \quad N_{out} = N_1 + N_2 = 2N. \quad (2)$$

В схеме сложение выполняется на операторе «+».

В технике, конечно, совершенно одинакового воздействия по разным причинам быть не может. Вот с этого и начинается исследование, что ниже будет представлено аналитически.

2. Matlab. Моделирование идеального восстановления сигнала

На рис. 2 изображена схема модели для восстановления сигнала при воздействии шума. Слева на схеме модели представлены генераторы гармонического сигнала частотой F_s , задаваемого в фазе и противофазе, а также и генератор белого шума в полосе пропускания каналов: от $F_s/4$ до $10F_s$.

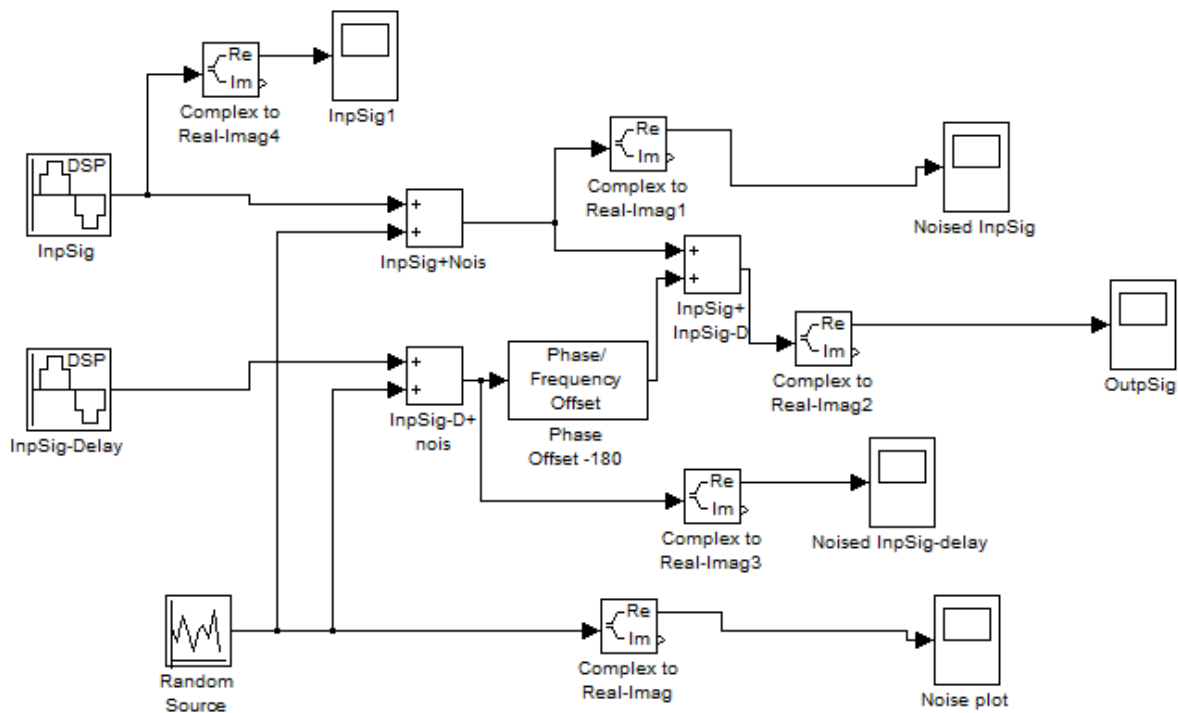


Рис. 2. Matlab. Схема модели для восстановления сигнала

Моделирование производится в звуковом диапазоне частот: $F_s=1,0$ кГц (выбор частоты принципиального значения не имеет). В центральной части схемы показаны устройства алгебраического сложения сигнала и помехи согласно (1).

Сигналы наблюдаются на любом участке схемы с помощью осциллографов. На осциллограммах (рис. 3–6) представлены все этапы взаимодействия сигналов и помехи. Как и следовало ожидать, происходит точное восстановление сигнала (рис. 3 и 6). Анализ полученного результата позволил расширить границы исследований.

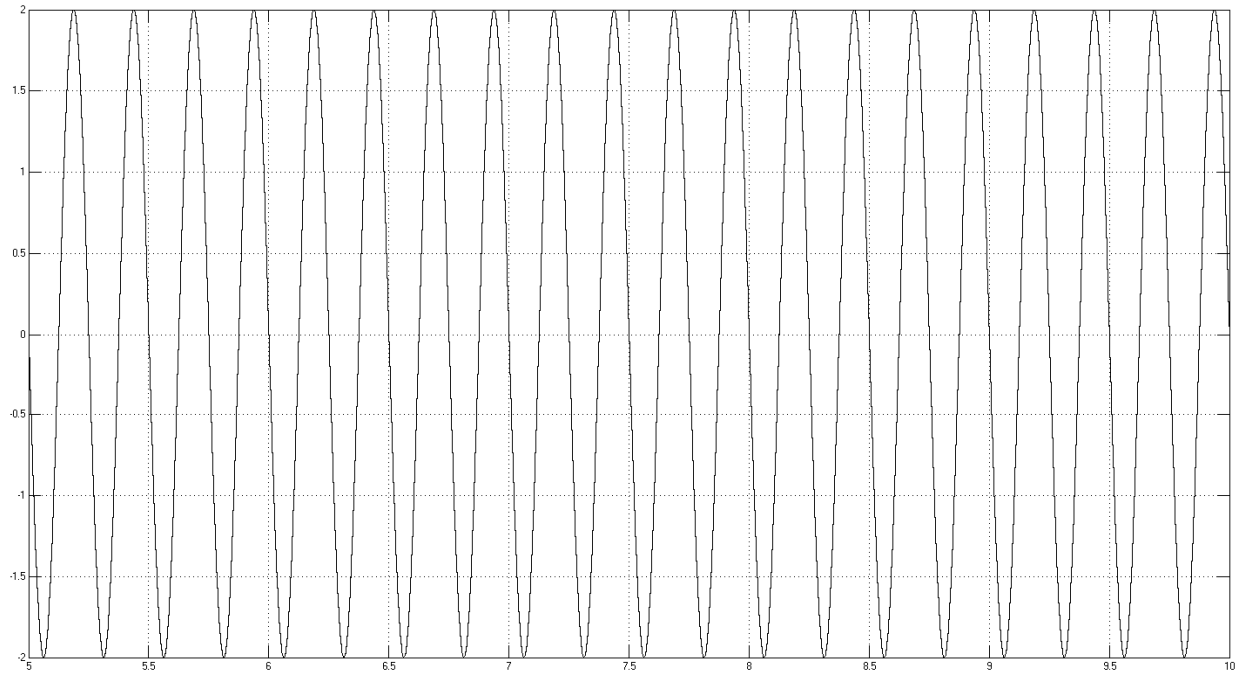


Рис. 3. Исходный сигнал

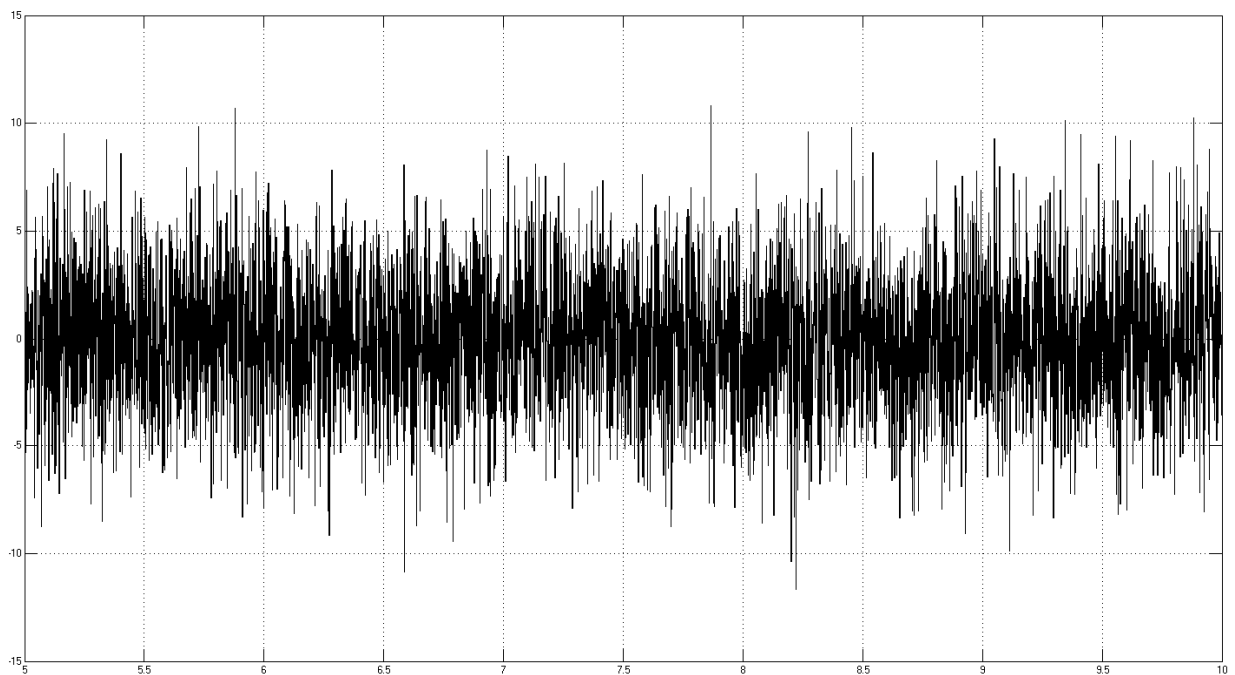


Рис. 4. Белый шум

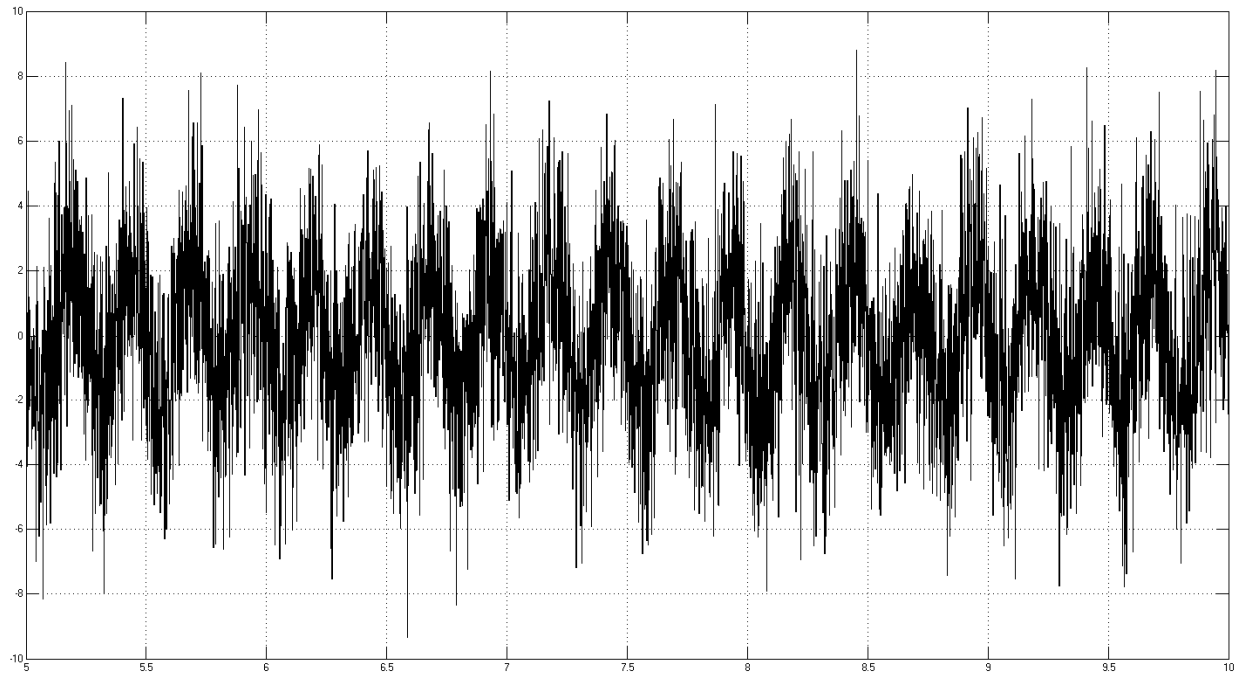
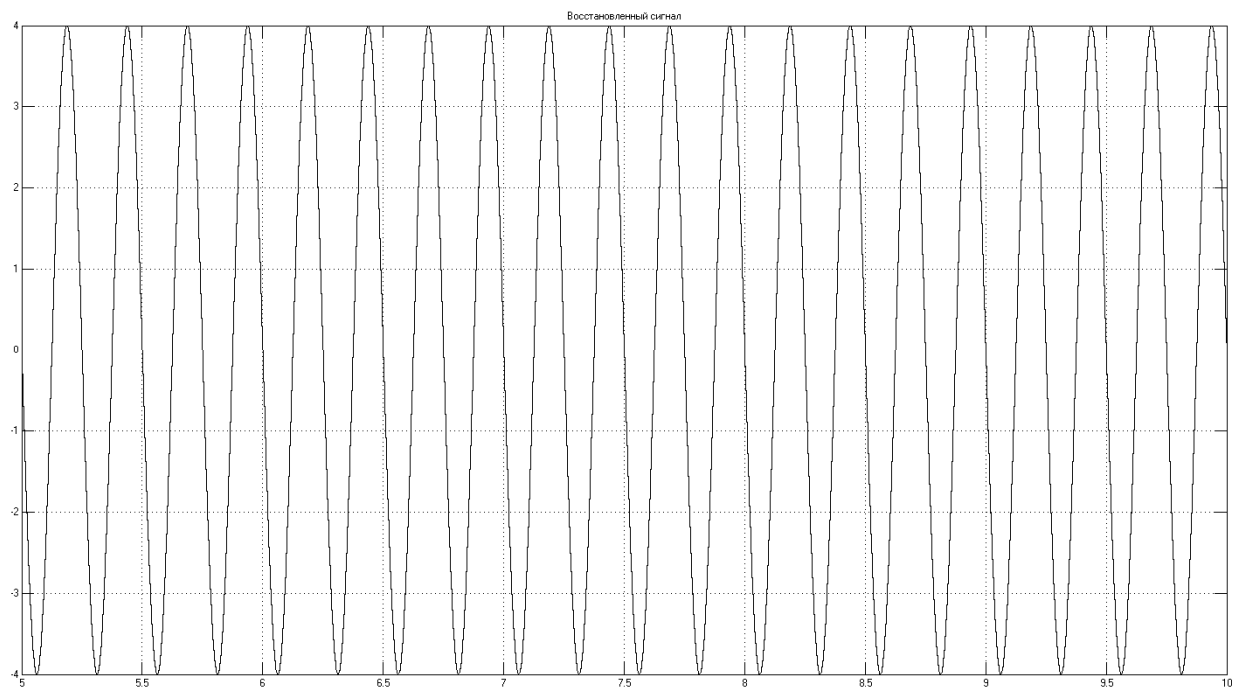


Рис. 5. Зашумленный исходный сигнал



**Рис. 6. Сигнал, получившийся при сложении исходного зашумленного сигнала
и зашумленного исходного сигнала в противофазе**

3. Matlab. Моделирование идеального восстановления шума

На рис. 7 изображена схема модели для восстановления шума. Слева на схеме модели представлены генераторы гармонических сигналов. Помеха синтезируется сложением двух колебаний близких частот в виде биений [3]. На осциллограммах (рис. 8–12) представлены этапы взаимодействия сигналов и помехи.

Алгоритм работы схемы реализует операции, представленные в соотношениях (2). Сигналы в симметричных каналах действуют в противофазе, а помехи действуют в одинаковой фазе. В результате при сложении сигналов на выходе полезный сигнал исчезает, а помеха по амплитуде

возрастает в два раза. Как и следовало ожидать, происходит точное восстановление сигнала (см. рис. 3 и 6). Эффект подавления помех – 100 %.

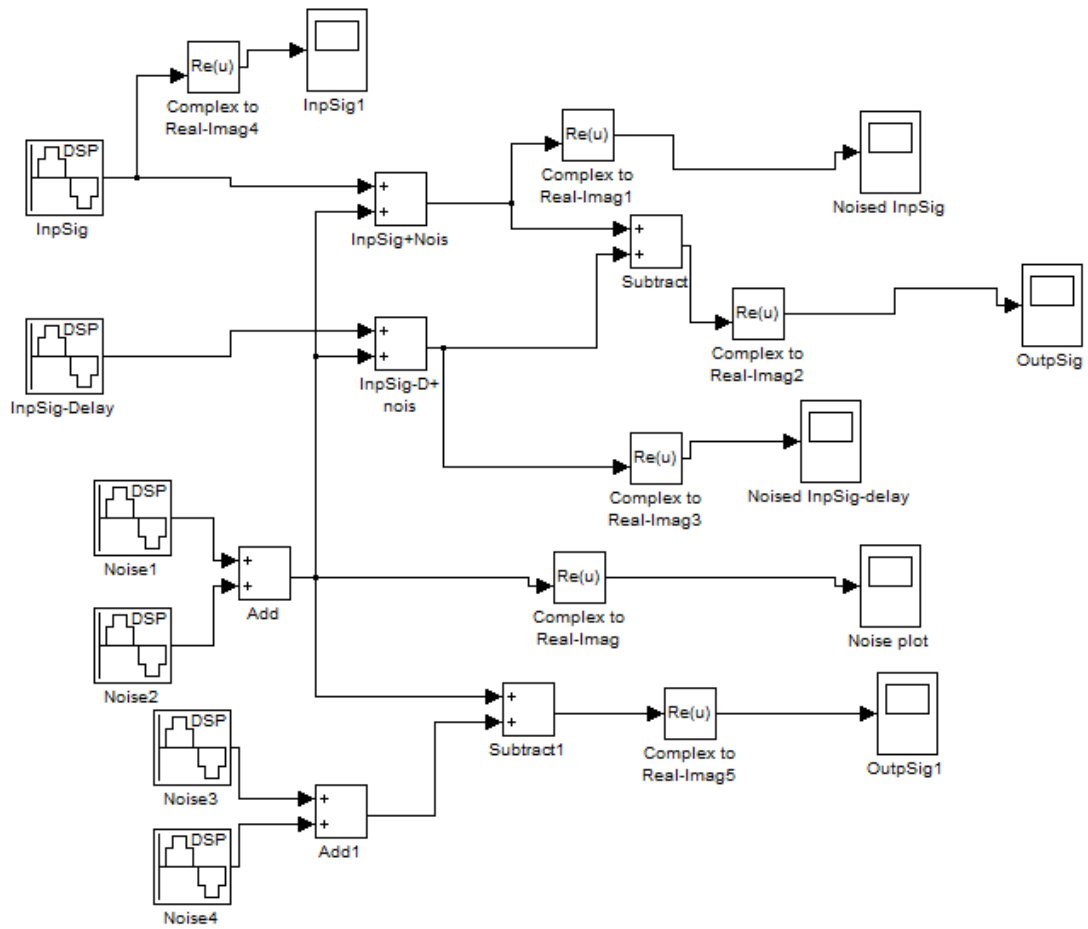


Рис. 7. Matlab. Схема модели восстановления шума

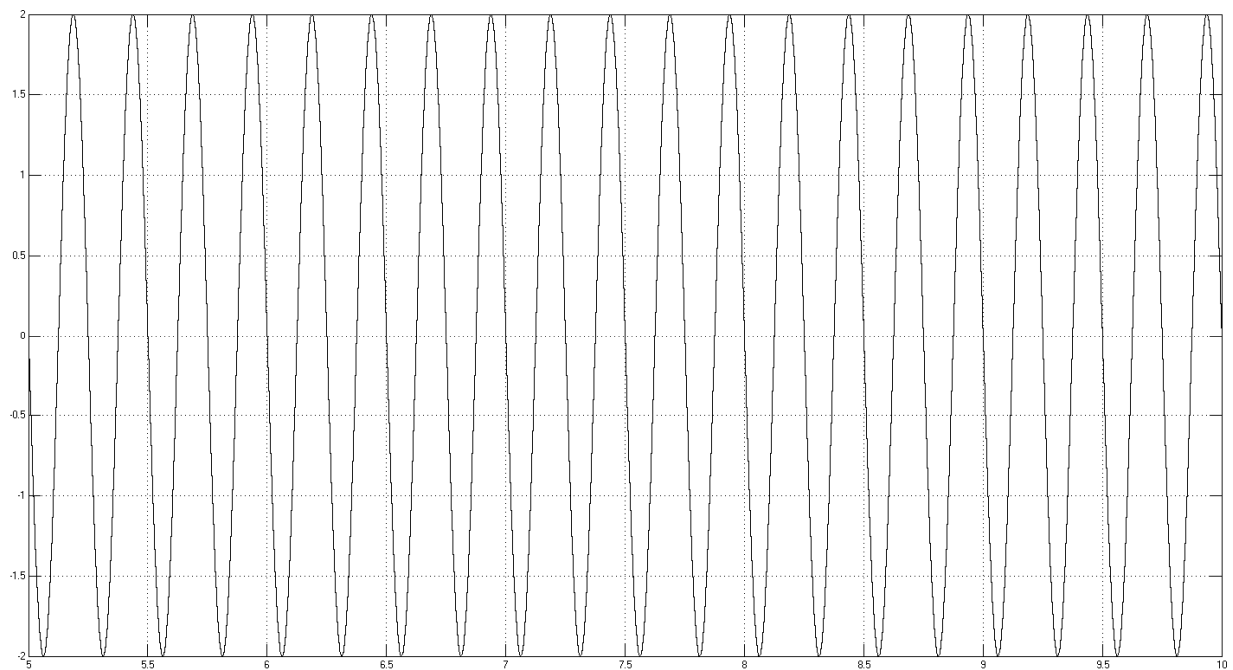


Рис. 8. Полезный сигнал на входе

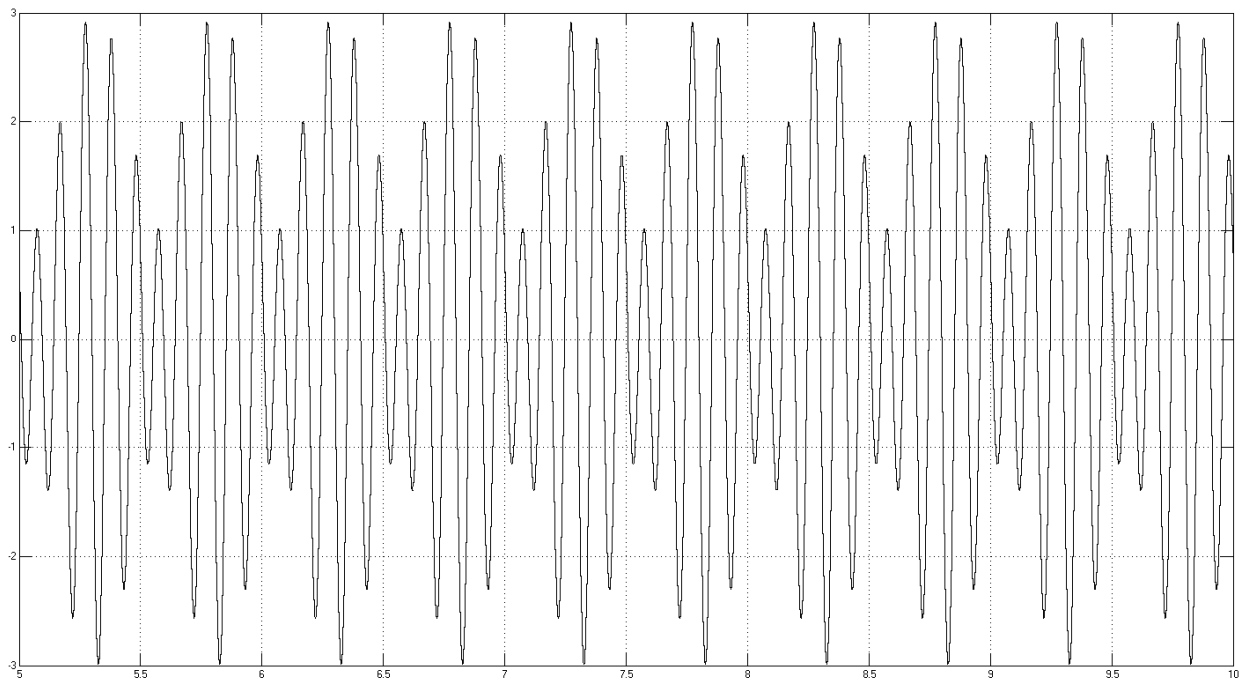


Рис. 9. Помеха в каналах в виде биений (и на выходе так же)

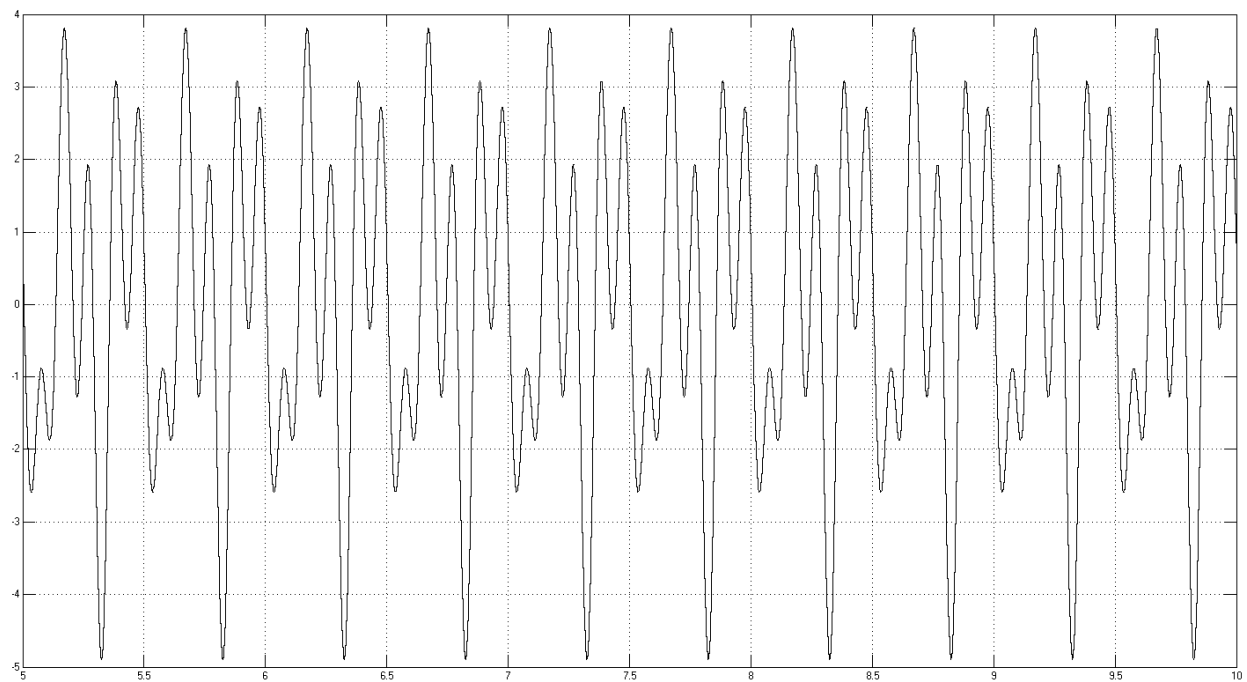


Рис. 10. Зашумленный сигнал в канале 1

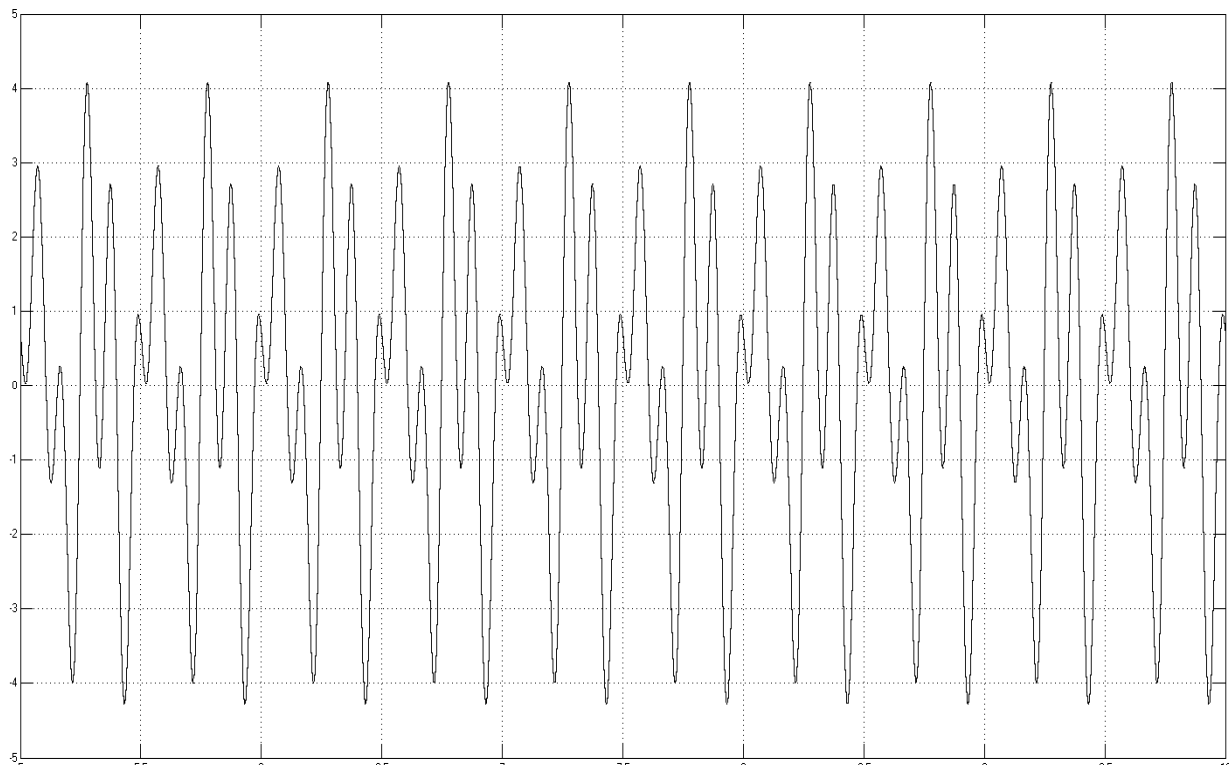


Рис. 11. Зашумленный сигнал «в противофазе» в канале 2

В результате удастся выделить шум из смеси его с исходным сигналом, путем сложения зашумленного исходного сигнала и зашумленного исходного сигнала в противофазе (см. рис. 9).

4. Фильтрация при разбалансе каналов связи

На практике может возникнуть разбаланс каналов связи. При отсутствии помехи степень разбаланса (например, относительная величина) легко обнаруживается, а значит, и легко устраняется. Испытание необходимо провести на Matlab в режиме выделения помехи. При разбалансе появляется амплитудно-разностный сигнал (фазы отличались на 180°). Отношение амплитуд разности ΔA и входного сигнала A есть δ – степень разбаланса каналов: $\delta = \frac{\Delta A}{A}$.

При воздействии помех эффект подавления будет отличаться от 100 %, если все же степень воздействия на каждый канал различна. Необходимо учесть статистический характер шума и применить понятие средней мощности шумового воздействия на канал – σ_N [4]. Средняя мощность сигнала равна сумме мощностей его спектральных составляющих, выделяемых в отдельности. Она не зависит от сдвига фаз отдельных гармоник. Если разность в шумовом воздействии на каналы $\Delta\sigma_N$, то следует ожидать, что эффект фильтрации:

$$\beta = \left(1 - \frac{\sigma_N}{\Delta\sigma_N}\right) \cdot 100\% \text{ [5].}$$

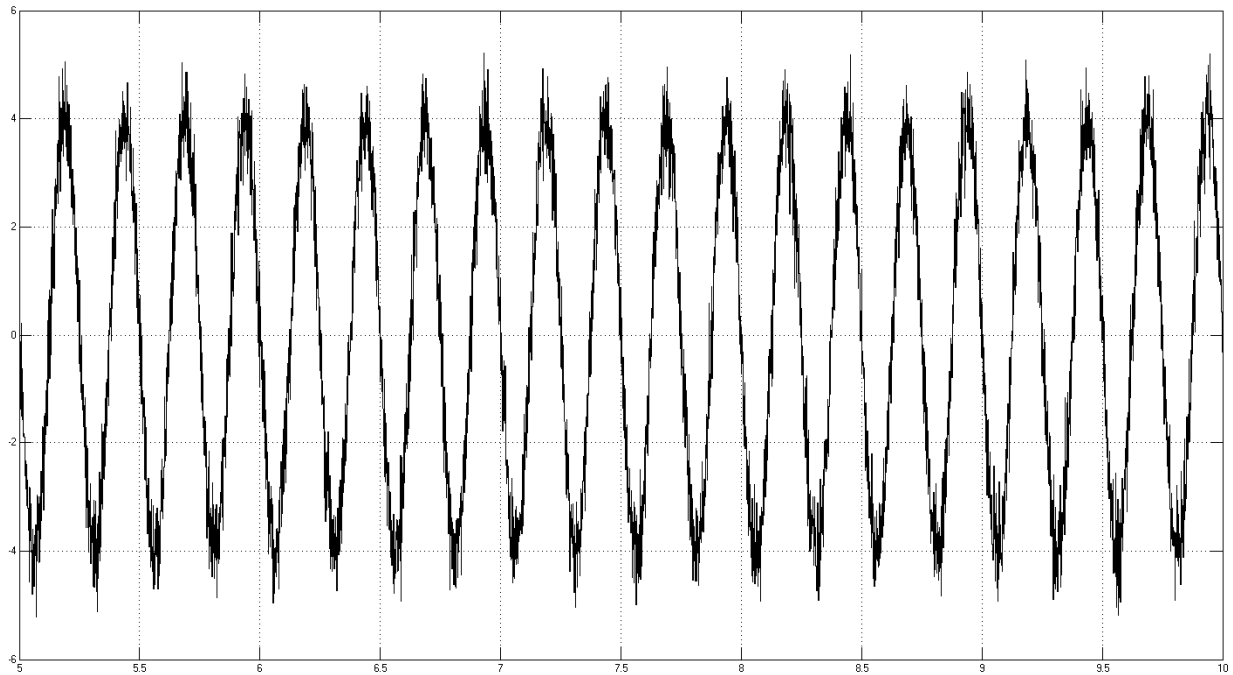


Рис. 12. Результат восстановления сигнала, при воздействии на него белого шума, различающегося по мощности на 20 %

5. Практическая реализация метода

Также нами был проведен эксперимент, который показал правильность теоретических расчетов и результатов. Для этого мы собрали устройство, схема которого показана на рис. 13. В ней мы использовали два инвертора, два усилителя, источник сигналов, биполярное питание, резисторы и конденсаторы. Стабилитрон использовался в качестве источника шума (При напряжении, равном напряжению «лавинового» пробоя, стабилитрон можно использовать как источник шума.), но так как шум незначительный, нам пришлось его усилить.

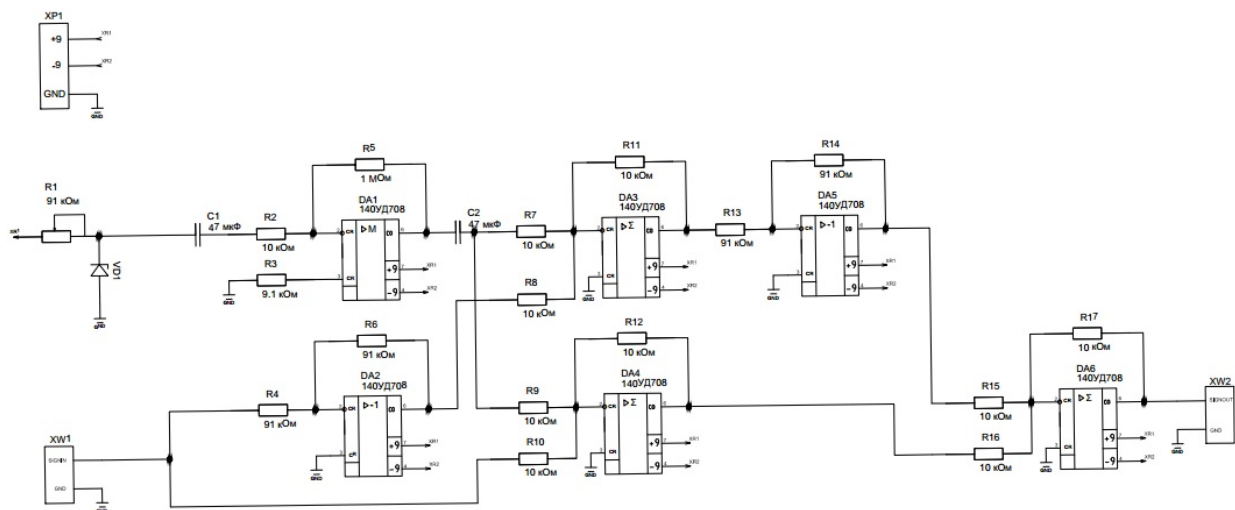


Рис. 13. Принципиальная схема экспериментального устройства

Заключение

В работе рассмотрены некоторые аспекты использования метода фильтрации помехи в симметричных каналах и описана процедура алгоритма его выполнения. Исследования показали, что этот эффект действительно существует. Была создана схема, позволяющая проверить теоретические расчеты в реальной обстановке и с реальным шумом. Теоретические расчеты были выполнены в среде Matlab (Simulink).

Литература

1. Волин, М.Л. *Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре* / М.Л. Волин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1981. – 385 с.
2. Тамбовцев, В.И. *Прикладная теория информации* / В.И. Тамбовцев. – Челябинск: ЧелГУ, 2008. – 64 с.
3. Дьяконов, В. *MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник* / В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 800 с.
4. Баскаков, С.Р. *Радиотехнические цепи и сигналы* / С.Р. Баскаков. – М.: Радио и связь, 1988. – 458 с.
5. Гоноровский, И.С. *Радиотехнические цепи и сигналы* / И.С. Гоноровский. – М.: Радио и связь, 1986. – 512 с.

Тамбовцев Владимир Иванович, д-р физ.-мат. наук, профессор, заслуженный изобретатель СССР, действующий член Нью-Йоркской Академии Наук, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); tamboval@mail.ru.

Головенко Антон Олегович, студент кафедры инфокоммуникационных технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); golan94@mail.ru.

Никитин Николай Сергеевич, студент кафедры инфокоммуникационных технологий, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); predator45@mail.ru.

Received 8 December 2013

**Bulletin of the South Ural State University
Series “Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics”
2014, vol. 14, no. 2, pp. 88–97**

ANTIPHASE FILTRATION INTERFERENCE ON TWO SYMMETRIC COMMUNICATION CHANNELS

V.I. Tambovtsev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,
tamboval@mail.ru,

A.O. Golovenko, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,
golan94@mail.ru,

N.S. Nikitin, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,
predator45@mail.ru

This article discusses the balanced payment method of external influences on electronic equipment, which applies to computer symmetric channel. It is shown that antiphase filtering symmetric channels – a promising direction of research. Since the interference is a complex structure, in which there is correlated and uncorrelated components, then we considered filtering method correlated noise component. It has been proven that the antiphase filtering works well against this type of interference. It has been proven that the antiphase filtering works well against this type of interference. Also become visible to the need to consider filtering uncorrelated interference to which this method has no effect. Work performed in the system Matlab.

The peculiarity of this film is that it not only contains the theoretical calculations, but the practical implementation of this method. Was designed for this special scheme, which showed the effectiveness of filtering in antiphase combat-related nuisance and inefficiency of this filter in the fight against additive noise.

Keywords: noise, smoothing, Matlab, signal recovery.

References

1. Volin M.L. *Parazitnye protsessy v radioelektronnoy apparature* [The Parasitic Processes in Electronic Systems]. Moscow, Radio and Constraint Press, 1981. 385 p.
2. Tambovtsev V.I. *Prikladnaya teoriya informatsii* [Applied Information Theory]. Chelyabinsk, SUSU, 2008. 64 p.
3. D'yakonov V. *MATLAB. Obrabotka signalov i izobrazheniy. Spetsialnyy spravochnik* [Matlab. Processing of Signals and Images. Special Reference Book]. Sankt Peterburg, Piter Press, 2002. 800 p.
4. Baskakov С. *Radiotekhnicheskie tsepi i signaly* [Radio Technical Circuits and Signals]. Moscow, Radio and Constraint Press, 1988. 458 p.
5. Gonorovskiy I.S. *Radiotekhnicheskie tsepi i signaly* [Radio Technical Circuits and Signals]. Moscow, Radio and Constraint Press, 1986. 512 p.

Поступила в редакцию 8 декабря 2013 г.