

исходная масса 10 таблеток определялась их взвешиванием на аналитических весах с точность 0,1 мг.

После этого включался привод вращения барабана с частотой 40 мин⁻¹. Путем плавного регулирования угла наклона оси барабана определялось его значение, при котором таблетки совершали относительно скольжение по поверхности барабана при достижении ими наибольшей высоты подъема.

Продолжительность испытания составляла 30 минут. После этого таблетки тщательно с помощью мягкой кисточки очищались от пыли, измерялись их диаметр и высота, а также их масса.

В таблице приведены значения диаметров и толщин испытуемых таблеток до и после проведения испытаний.

Из анализа приведенных данных видно, что с увеличением частоты вращения барабана возрастает частота вращения сепаратора, частота вращения таблеток по окружности и частота их вращения вокруг центра масс. Очевидно, что по сравнению с предыдущим вариантом (без сепаратора) в данном случае обеспечиваются управляемые условия более интенсивного изнашивания (истирания) таблеток. При использовании сепаратора происходит интенсивное скольжение плоской

поверхности таблетки по поверхности барабана, а торцевая поверхность таблеток изнашивается в результате ее взаимодействия как с поверхностью сепаратора, так и между соседними таблетками.

Таблица 1 – Значение частоты вращения сепаратора n_c , частоты вращения таблеток внутри сепаратора n_T и частоты их вращения вокруг центра масс n_{T0} при различной частоте вращения барабана n_b

Частота вращения барабана n_b , мин ⁻¹	Частоты вращения сепаратора n_c , мин ⁻¹	Частоты вращения таблеток внутри сепаратора n_T , мин ⁻¹	Частоты вращения таблеток вокруг центра масс n_{T0} , мин ⁻¹
25	55	39	57
45	107	94	115
68	150	136	136

Исходя из этого, оправдано рекомендовать для проведения испытания таблеток на истираемость использовать метод и устройство с наклонной осью вращения барабана с применением сепаратора. При этом следует подчеркнуть, что в этом случае происходит только истирание таблеток, а их разрушение или откалывание отсутствует.

УДК 004.056:061.68

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИОННОГО МЕТОДА ПОДАВЛЕНИЯ ПОМЕХ В РАДИОКАНАЛАХ ОХРАННО-ПОЖАРНЫХ СИСТЕМ СИГНАЛИЗАЦИИ

Бокуть Л.В.¹, Деев Н.А.²

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

²Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Обмен данными между различными элементами средств охранно-пожарной сигнализации в последнее время все чаще осуществляется с использованием радиоканала, так как в обслуживании радиоканальные системы дешевле, чем проводные. Средства охранной сигнализации обладают следующими основными особенностями функционирования:

– наличие сложной помеховой обстановки, в которых происходит передача данных по радиоканалу;

– параметры среды распространения сигналов непрерывно меняются во времени, что связано с изменением картины многолучевого распространения из-за отражения сигналов от стен, препятствий, движущихся людей и т.д.

– среда передачи данных является открытым каналом, поэтому информация, передаваемая между элементами системы, доступна для внешних наблюдателей, которые могут воспользоваться ею для несанкционированного управления

либо саботирования функционирования средств охранной сигнализации;

– электропитание многих элементов радиоканальных систем осуществляется от химических источников тока с небольшим сроком службы. В связи с этим возникает необходимость использования радиоприемных и радиопередающих трактов, устройств обработки сигналов, протоколов радиообмена, учитывающих повышенные требования к энергетической эффективности.

В современных системах передачи информации используются широкополосные радиосигналы, обеспечивающие энергетическую скрытность радиопередачи.

Широкополосные каналы передачи сообщений подвержены воздействию комплекса помех. Он состоит из флуктуационных шумов приемника, а также из помех, сосредоточенных по времени и частоте, обусловленных действием сторонних источников. Качество приема сообщений зависит от снижения уровня таких помех.

Существуют разнообразные методы борьбы с помехами. Компенсационные методы основаны на выделении из действующего на входе приемника колебания наиболее интенсивных помех и последующей их компенсации. В наибольшей степени удается осуществить подавление одиночных узкополосных помех. В случае, когда действует сумма таких помех с различными спектрами, необходимо выделять из смеси каждую из них, оценивать, а затем вычитать из действующей смеси. Методы линейной фильтрации для выделения узкополосных помех оказываются неэффективными для построения компенсаторов. При подавлении помех подавляется и часть спектральных составляющих широкополосного сигнала.

Целесообразно использовать нелинейные методы выделения и оценивания помех. К ним относятся методы нелинейного оценивания (фильтрации) параметров узкополосной помехи, методы безинерционного нелинейного преобразования в сочетании с линейной фильтрацией [1, 2].

Предлагается рассмотреть комбинированный подход, основанный на разделении полосы спектра принимаемого сигнала на отдельные участки. Предполагается, что на каждом частотном участке может появиться только одна узкополосная помеха.

Статистическое описание помехи задается в виде плотности распределения вероятности мгновенных значений (ПРВ). Если помеха представляет модулированное колебание, то ПРВ его мгновенных значений имеет бимодальный характер, что учитывается при построении нелинейного преобразователя (НП). Оцененные узкополосные помехи компенсируются в вычитающем устройстве. Общая структурная схема компенсатора представлена на рисунке 1.

В случае, когда действует N источников узкополосных помех, схема компенсатора включает N полосовых фильтров (ПФ) и нелинейных преобразователей (НП). После вычитания суммы оцененных помех $\sum y_i^*(t)$ из принимаемой смеси $r(t)$ приемник (ПР) осуществляет дальнейшую обработку сигнала.

Пусть на входе устройства компенсатора действует смесь $r(t)$ сигнала и комплекса помех

$$r(t) = S(t) + \sum_{i=1}^N Q_i y_i(t) + \eta(t) + n(t), \quad (1)$$

где $S(t)$ – полезный сигнал, средняя мощность которого значительно меньше средней мощности помех; $y_i^*(t)$ – узкополосная помеха, средняя частота спектра которой попадает в полосу пропускания ПФ; параметр Q_i принимает два значения 0 и 1, в зависимости от того, присутствует или отсутствует узкополосная помеха на выходе ПФ. Плотность распределения вероятности $W(y_i)$ мгновенных значений помехи считается заданной; $\eta(t)$ – импульсная помеха, плотность распределения мгновенных значений которой

$W(\eta)$ задана; $n(t)$ – широкополосный флуктуационный шум, представляемый белым гауссовским шумом с нулевым средним значением и спектральной плотностью $N_0/2$.

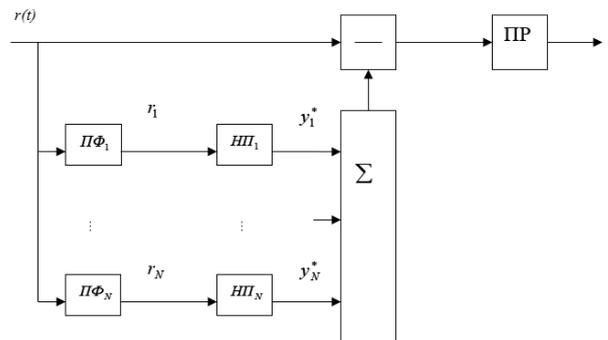


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема компенсатора узкополосных помех

Задача сводится к выделению слабого сигнала $S(t)$ из комплекса помех с максимальным отношением сигнал/ помеха, при этом должно обеспечиваться максимальное подавление помех.

Для определения оптимального алгоритма оценивания помех и их компенсации в соответствии со структурной схемой разобьем полосу спектра $\Delta\omega_s$ принимаемого сигнала на N участков шириной $\Delta\omega_s/N$, предполагая, что в пределах отдельного участка может находиться только одна узкополосная помеха. В этом случае на выходах полосовых фильтров ПФ_i имеем:

$$r_i(t) = S_i(t) + Q_i y_i(t) + \eta_i(t) + n_i(t), \quad (2)$$

где $S_i(t)$, $\eta_i(t)$, $n_i(t)$ – соответствующие реакции полосовых фильтров ПФ_i на действие сигнала импульсной и широкополосной помех. В пределах полосы ПФ_i можно считать среднюю мощность составляющих помех η_i и n_i равной:

$$\delta_{ni}^2 = (S_{\text{и}} + N_0)\Delta\omega_s/(2N), \quad (3)$$

где $S_{\text{и}}$ – спектральная плотность импульсной помехи. Тогда выражение (2) сводится к следующему:

$$r_i(t) = S_i(t) + Q_i y_i(t) + n_{oi}(t), \quad (4)$$

здесь $n_{oi}(t)$ – гауссовский процесс с нулевым средним значением и дисперсией δ_{ni}^2 ; $S_i(t)$ – реакция ПФ_i на действие сигнала.

Процессу оценивания помехи $y_i(t)$ предшествует процедура обнаружения, то есть оценки параметра Q_i . Обнаружение осуществляется при действии мешающих процессов $S_i(t)$, $\eta_{oi}(t)$, которые в совокупности образуют гауссовский процесс с нулевым средним значением и дисперсией:

$$\delta_{oi}^2 = \delta_{ni}^2 + \delta_{Si}^2. \quad (5)$$

Алгоритм обнаружения сводится к сравнению логарифма отношения правдоподобия с порогом

L_n . Считая в первом приближении отсчеты наблюдаемого процесса $r_i(t)$ независимыми, получим:

$$\ln L[r_i(t)] = \frac{1}{T} \int_0^T [\ln w_1(r_i) - \ln w_0(r_i)] dt. \quad (6)$$

Структурная схема обнаружения полосовой помехи приведена на рисунок 2.

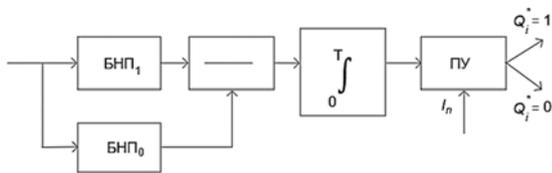


Рисунок 2 – Обнаружитель узкополосной помехи:
БНП₁ – безынерционный нелинейный преобразователь с амплитудной характеристикой $\ln w_1(r_i)$;
БНП₀ – безынерционный нелинейный преобразователь с амплитудной характеристикой $\ln w_0(r_i)$;
T – время накопления

Определение параметра $Q_i^* = \{0,1\}$ необходимо для дальнейшей обработки смеси $r_i(t)$ с целью получения оценки узкополосной помехи $y_i^*(t)$ и ее компенсации. Оценка $y_i^*(t)$ может

быть сформирована на основе нелинейного преобразования $r_i(t)$. При $Q_i^* = 1$ имеем:

$$r_i(t) = y_i(t) + n_{0i}(t) + S_i(t) = y_{0i}(t) + S_i(t), \quad (7)$$

где $y_{0i}(t) = y_i(t) + n_{0i}(t)$ – сумма узкополосной помехи и гауссовского шума $n_{0i}(t)$.

При независимых значениях $n_{0i}(t)$ и $y_i(t)$ плотность распределения вероятностей $w_y(y_{0i})$ определяется сверткой ПРВ $w(y_i)$ и ПРВ $w(n_{0i})$. Учитывая, что сигнал $S_i(t)$ предполагается слабым по сравнению с $y_{0i}(t)$, можно определить характеристику безынерционного нелинейного преобразования, обеспечивающего наилучшую компенсацию помехи $y_{0i}(t)$ и выделения сигнала $S_i(t)$ с наибольшим отношением сигнал/помеха.

Литература

1. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. – М.: Радио и связь, 1983. – 512 с.
2. Чердынцев В.А., Деев Н.А. Подавление комплекса помех в каналах связи / В.А. Чердынцев, Н.А. Деев // Известия Белорусской инженерной академии. – 2002. – № 2. – С. 31–36.

УДК 621.382.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАТНОЙ ВЕТВИ ВОЛЬТАМЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕМНИЕВОГО ДИОДА МНОГОЧАСТИЧНЫМ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

Борздов А.В.¹, Борздов В.М.¹, Кучинский П.В.², Петлицкий А.Н.³

¹Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

²Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко БГУ
Минск, Республика Беларусь

³ОАО «Интеграл» – управляющая компания холдинга «Интеграл»
Минск, Республика Беларусь

Строгое численное моделирование вольтамперных характеристик кремниевых диодов с р-п-переходом является на сегодняшний день актуальной задачей в связи с необходимостью прогнозирования напряжения пробоя прибора с заданными конструктивно-технологическими параметрами, а также для изучения шумовых характеристик диодов в предпробойном режиме. Для адекватного моделирования работы диодов при обратном смещении необходим учет физических процессов, приводящих к генерации носителей заряда в области пространственного заряда р-п-перехода. В связи с уменьшением геометрических размеров приборных структур и увеличением уровней легирования их рабочих областей существенно важным является учет процессов генерации носителей заряда, обусловленных межзонным туннелированием и лавинным умножением вследствие ударной ионизации. Также вследствие наличия дефектов в ре-

альной кристаллической структуре кремния существенное влияние на рабочие характеристики диода может оказывать процесс генерации-рекомбинации носителей заряда через ловушки [1, 2].

В настоящей работе представлены результаты моделирования обратной ветви вольтамперной характеристики кремниевго диода многочастичным методом Монте-Карло. Данный метод является весьма эффективным при решении подобных задач, поскольку позволяет учесть все наиболее важные процессы рассеяния электронов и дырок в полупроводнике и процессы генерации-рекомбинации носителей заряда. Метод также позволяет включить эффекты, связанные с необходимостью учета полной зонной структуры полупроводника [3].

При моделировании процессов переноса электронов и дырок в диоде, а также для расчета электрического потенциала и напряженности