**РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ**

**по дисциплине "Радиотехнические цепи и сигналы"**

**(поток ЭР––15, 6-й семестр)**

**Часть 1 (3–6 недели)**

Случайный процесс ***x*(*t*)** преобразуется безынерционным нелинейным элементом (НЭ):

***x*(*t*)** [B] НЭ ***y*(*t*)** [B].

Заданы:

* закон распределения входного процесса ***р*х(*х*)** с параметрами "***а***" и "***b***";
* характеристика нелинейного элемента ***у* = *f*(*х*)** с параметрами "***с***" и "***d***".

(*При записи условия в отчете указать единицы измерения коэффициентов*  "***а***"*,* "***b***"*,* "***с***"*,* "***d***"*)*

1. Рассчитайте ***статистические параметры*** входного и выходного процессов — средние значения, средние квадраты, дисперсии, эффективные значения (*см. методические указания, п.1*).

2. Рассчитайте и постройте ***законы распределения*** входного и выходного процессов (*см. методические указания, п.2*).

3. Изобразите ***характер реализаций*** входного и выходного процессов (*см. методические указания, п.3*).

*Отчет оформляйте на бумаге формата А4 (с одной стороны листа), листы пронумеруйте и скрепите.*

*Срок сдачи отчета* — 6-я неделя.

**Методические указания**

***к пункту 1****.*

1. Измените вид выражения заданного входного закона распределения***р*х(*х*)**, избавившись от от множителя "***А***". Для этого следует, воспользовавшись условием нормировки закона распределения, выразить "***А***" через заданные параметры "***а***" и "***b***".   
   Запишите окончательное аналитическое выражение ***р*х(*х*,*а,b*)** (*Именно это выражение будет считаться заданным и для второй части типового расчета*).
2. Выведите расчетные формулы для статистических параметров входного и выходного процессов (в зависимости от коэффициентов **"*а*"*,* "*b*"*,* "*с*"*,* "*d*"**) и внесите результирующие выражения в **Табл.1**. (*При этом для уменьшения вероятности ошибки рекомендуется находить  через закон распределения входного (а не выходного) процесса*.)
3. Рассчитайте статистические параметры входного и выходного процессов и также внесите их в **Табл.1**.

***к пункту 2****.*

1. Выведите аналитическое выражение закона распределения выходного процесса ***р*y(*y*)**. Проверьте для него выполнение условия нормировки. Запишите (*друг под другом*) аналитические выражения ***р*х(*х*,*а,b*), *у* = *f*(*х,с,d*)** и ***р*y(*y*,*а*,*b,с*)** в окончательном виде.
2. Постройте график выходного закона распределения ***р*y(*y*)**.

*При выводе формул и при проверке условия нормировки не следует применять численное интегрирование, а требуется получать результаты интегрирования, используя таблицы определенных и неопределенных интегралов (****Двайта, Градштейна*** *и т.д.) для получения аналитических выражений в общем виде со ссылкой на источник. При этом должны быть записаны* ***№ страницы и № формулы****.*

Табл. 1.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Параметр | Формула | Значение | Ед. изм. |
| Входные  параметры | -ср. значение. |  |  |  |
| -ср. квадрат |  |  |  |
| -дисперсия |  |  |  |
| -эф.значение |  |  |  |
| Выходные  параметры | -ср.значение |  |  |  |
| -ср. квадрат |  |  |  |
| -дисперсия |  |  |  |
| -эф.значение |  |  |  |

***к пункту 3****.*

Постройте законы распределения и изобразите характер реализаций входного и выходного процессов, располагая все графики в соответствии с рис.1. в одном масштабе для сравнения друг с другом и с характеристикой нелинейного элемента.

*При этом следует учесть:* что мгновенные значения ***x*(*t*)** и ***y*(*t*)** в совпадающие моменты времени жестко связаны друг с другом безынерционным соотношением   
***y*(*t*) = *f* (*x*(*t*))**. Поэтому для наглядности обе реализации должны быть нарисованы в одном временнόм масштабе в относительных единицах времени, а на графиках должна быть подробная сетка.

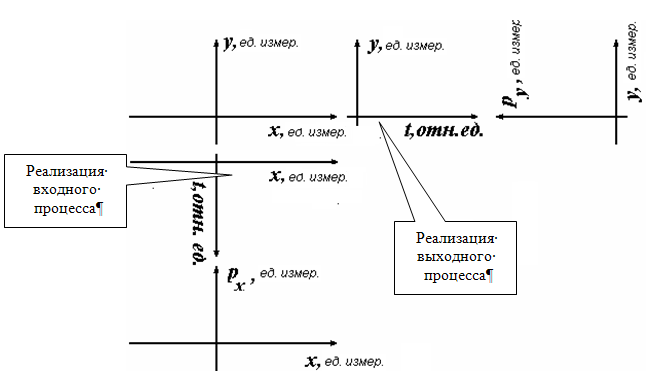


Рис.1.

*Примечание:*

*Отмеченные преподавателем ошибки исправляйте в недельный срок. Листы с замечаниями оставляйте в отчете, небольшие исправления делайте непосредственно на них (не удаляя замечаний). Крупные исправления выполняйте на дополнительных листах, объединяя их с проверенными в единый отчет. Переделывайте только ошибочные фрагменты отчета, не перепечатывайте уже проверенный материал.*

**Часть 2 (7–12 недели)**

Аддитивная смесь импульсного сигнала *uвх*(*t*) и шума *x*(*t*) обрабатывается фильтром нижних частот:

*uвх*(*t*) + *x*(*t*) ФНЧ *uвых*(*t*) + *y*(*t*).

Заданы:

* характеристики входного импульса***u*вх(*t*)** — форма, амплитуда, длительность;
* статистические характеристики входного шума***x*(*t*)** — закон распределения ***рх*(*х*)** (окончательное выражение из части 1), тип фильтра, формирующего входной шум (с параметром "**β**"); тип частотной характеристики ФНЧ (с параметром "**α**").

*Задание*

1. Выберите ***коэффициент затухания*** (**αопт**) квазиоптимального фильтра НЧ.

2. Рассчитайте и сравните основные числовые ***параметры сигнала и шума на входе и выходе*** квазиоптимального фильтра.

3. Рассчитайте и постройте ***осциллограммы*** сигнала и ***статистические характеристики*** шума ***на входе и выходе*** квазиоптимального фильтра.

4. Изобразите и сравните характер ***реализаций шума и смеси сигнала и шума*** ***на входе и выходе фильтра***.

*При выполнении расчета и оформлении отчета руководствуйтесь нижеприведенными методическими указаниями. Для второй части начните новую нумерацию страниц.*

Сроки сдачи отчетов — 9-я неделя (пп.1–2) и 12-я неделя (пп.3–4).

**Методические указания**

***к пункту 1****.*

1. Считая параметр **α** известным, выведите аналитические выражения, позволяющие рассчитать: выходной импульсный сигнал ***uвых*(*t*)**; эффективное значение выходного шума **σy**; отношение **сигнал/шум** на выходе фильтра ***q*=*uвых*(*t*)/σy.**

При анализе статистических характеристик выходного шума реальный входной шум можно приближенно заменить «белым шумом».

1. Выберите параметр **αопт** таким образом, чтобы обеспечить квазиоптимальную фильтрацию сигнала, т.е. чтобы отношение **сигнал/шум** на выходе фильтра было максимальным в заданный момент времени ***t*0**. (Если***t*0** не задано, то следует определить ***t*опт**при котором отношение **сигнал/шум** достигает максимального значения (***q*макс**).

*Оптимальное значение* ***αопт*** *можно найти либо аналитически, либо численно на основании представленных в отчете подробных графиков.*

1. Постройте графики **σy(α)** и ***q*(α)** (друг под другом в одном масштабе по **α**, в пределах действия приближенных соотношений) и укажите на графиках характерные точки — **αопт**, **σy (α опт)**, ***q* (α опт).**
2. Рассчитайте параметр ***qмм*** для заданного сигнала при оптимальной фильтрации и сравните его с ***q* (α опт).**.

***к пункту 2****.* Для найденного значения **αопт** рассчитайте и сведите в таблицу (**Табл.1**):

основные числовые параметры входного и выходного шума — среднее значение, дисперсию, эффективное значение, время корреляции, эффективную ширину спектра, максимальное значение спектральной плотности мощности; характерные значения входного и выходного сигналов; отношение сигнал / шум на входе и на выходе.

Табл.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | Ед.изм. | Вход | Выход |
|  |  |  |  |
| σ2 |  |  |  |
| σ |  |  |  |
| *W*0 |  |  |  |
| Δ*f*эф |  |  |  |
| Δωэф |  |  |  |
| τк |  |  |  |
| *t*0 или *t*опт |  |  |  |
| *u*макс, *u*вых(*t*0) |  |  |  |
| *q*вх=*u*макс/σх, *q*вых= *uвых* (*t*0)/σу |  |  |  |
| β; αопт |  |  |  |
| *q*мм |  |  |  |

*На 9 неделе сдайте отчет по пп.1–2 и продолжайте работать над 3 и 4 пунктами.*

***к пункту 3.***

Рассчитайте и постройте:

1. осциллограммы **сигналов** на входе и на выходе квазиоптимального фильтра (*семейство из двух осциллограмм*);
2. статистические характеристики шума на входе и на выходе квазиоптимального фильтра (семейства из двух энергетических спектров, из двух нормированных корреляционных функций, из двух законов распределения).

*При этом для сравнения характеристик входного и выходного шума каждое семейство* ***постройте дважды****, варьируя масштаб так, чтобы один из графиков семейства хорошо прописывался на рисунке (логарифмический масштаб не применяйте).*

*На осях приведите шкалы значений спектральной плотности (****В2/кГц*** *или* ***В2/МГц****), частоты (****кГц*** *или* ***МГц****), времени (****мс*** *или* ***мкс****), плотности вероятности (****1/В****) и напряжения (****В****).*

***к пункту.4.***

Изобразите характер реализаций:

1. **шума** **на входе** и **на выходе** квазиоптимального фильтра (*оба графика строятся друг под другом в одном временном масштабе, который выбирается исходя из наглядности реализации выходного шума, чтобы оценить на графике скорость выходного процесса*);
2. **смеси сигнала и шума** на входе фильтра и на выходе при **трех** значениях коэффициента затухания фильтра (**α ≈10αопт**, **α = αопт, α ≈0,1αопт**). *Здесь на каждом графике следует показать пунктиром вид сигнала без шума (учитывая постоянную составляющую от шумового процесса и значение коэффициента затухания)*.

Каждый график должен содержать информацию о численных значениях параметров **α, σ*у*** и **τк*у*** (*можно записать «от руки» рядом с графиком*)

*Все четыре графика (п.б) строятся по возможности друг под другом в одном временном масштабе.* *Пределы графиков выбираются от некоторого отрицательного времени (когда действует только шум) до момента окончания действия выходного сигнала при* **α=αопт** *(когда остается только шум)*

*На 12 неделе сдайте отчет по пп.3–4. На 14 неделе защита типового расчета.*

Справка 