**Национальный исследовательский университет**

**«МЭИ»**

**Институт радиотехники и электроники**

**Кафедра радиотехнических систем**

**Методы оптимального приема сигналов в аппаратуре потребителей СРНС**

Контрольная работа №4

ФИО студента: Жеребин В.Р.\_

Группа: ЭР-15-15\_\_\_\_

Вариант №:\_\_\_\_\_\_\_3\_\_\_\_\_\_\_

Дата:\_\_\_29.11.2019\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

ФИО преподавателя: Шатилов А.Ю.

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Москва, 2019 г.**

**Дано**

– ширина спектра флуктуаций радиального ускорения;

– темп фильтрации, – темп работы АЦП;

– несущая частота (для пересчетов);

– промежуточная частота;

– среднеквадратическое ускорение

– отношение мощности сигнала к спектральной плотности шума на входе приемника;

– скорость света в свободном пространстве;

– спектральная плотность мощности формирующего шума.

– дисперсия формирующего шума.

– СКО шума наблюдений.

**Задание**

1. Смоделировать входное воздействие и нелинейную систему фильтрации фазы и амплитуды в дискретном времени.

Входное воздействие:

– в общем виде для нелинейного воздействия

– частный случай нелинейного воздействия

Где – шкала времени с шагом дискретизации АЦП

– ДБГШ с дисперсией

Нелинейную систему фильтрации фазы и частоты можно разбить на дискриминатор и фильтр. Дискриминатор осуществляет предварительную ЦОС на частоте дискретизации АЦП и накапливает сигнал, то есть, в общем случае, выполняет роль коррелятора. Фильтр производит оценку информативных параметров с темпом изменения информационных параметров .

– количество отсчетов дискриминатора на один отсчет фильтра

Уравнения динамики информационных параметров в дискретном виде:

*,*

*,*

*,*

*,*

, – ДБГШ с дисперсиями и соответственно

Введем вектор состояний информационных параметров:

Фильтруемый процесс представим в виде многомерного марковского процесса:

С учетом уравнений динамики, выразим многомерные коэффициенты процесса:

, ,

Формирующие шумы амплитуды и фазы полагаем независимыми, следовательно:

В наблюдениях используются следующие оцениваемые информационные параметры: амплитуда и начальная фаза

Тогда связь информационных параметров с наблюдениями:

Основные уравнения фильтрации:

– уравнение дискриминатора

Шаг экстраполяции:

Шаг оценивания:

Где – эквивалентная матрица весов наблюдений:

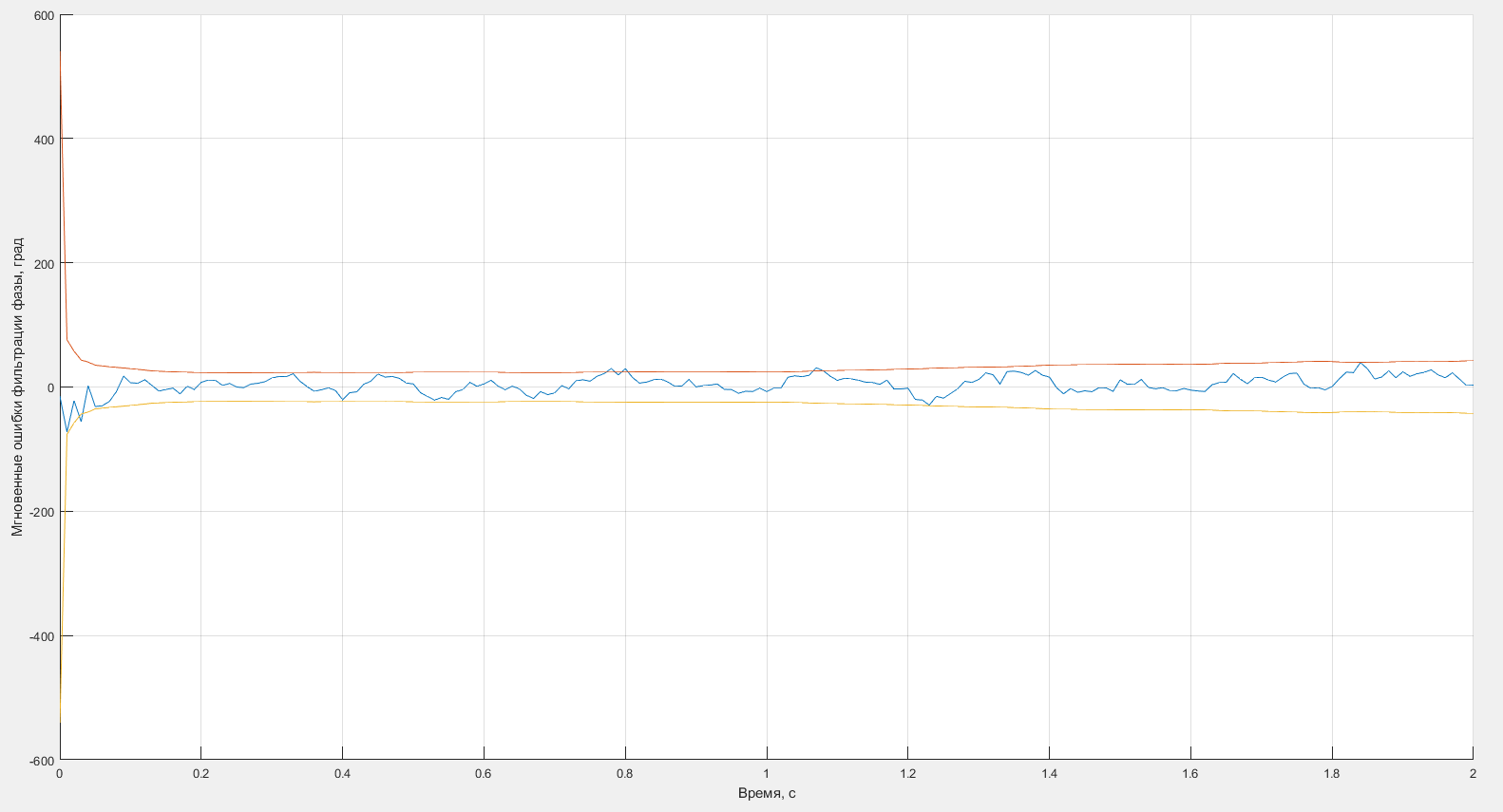
Начальные условия:

, ,

Амплитуда моделируется ступенькой:

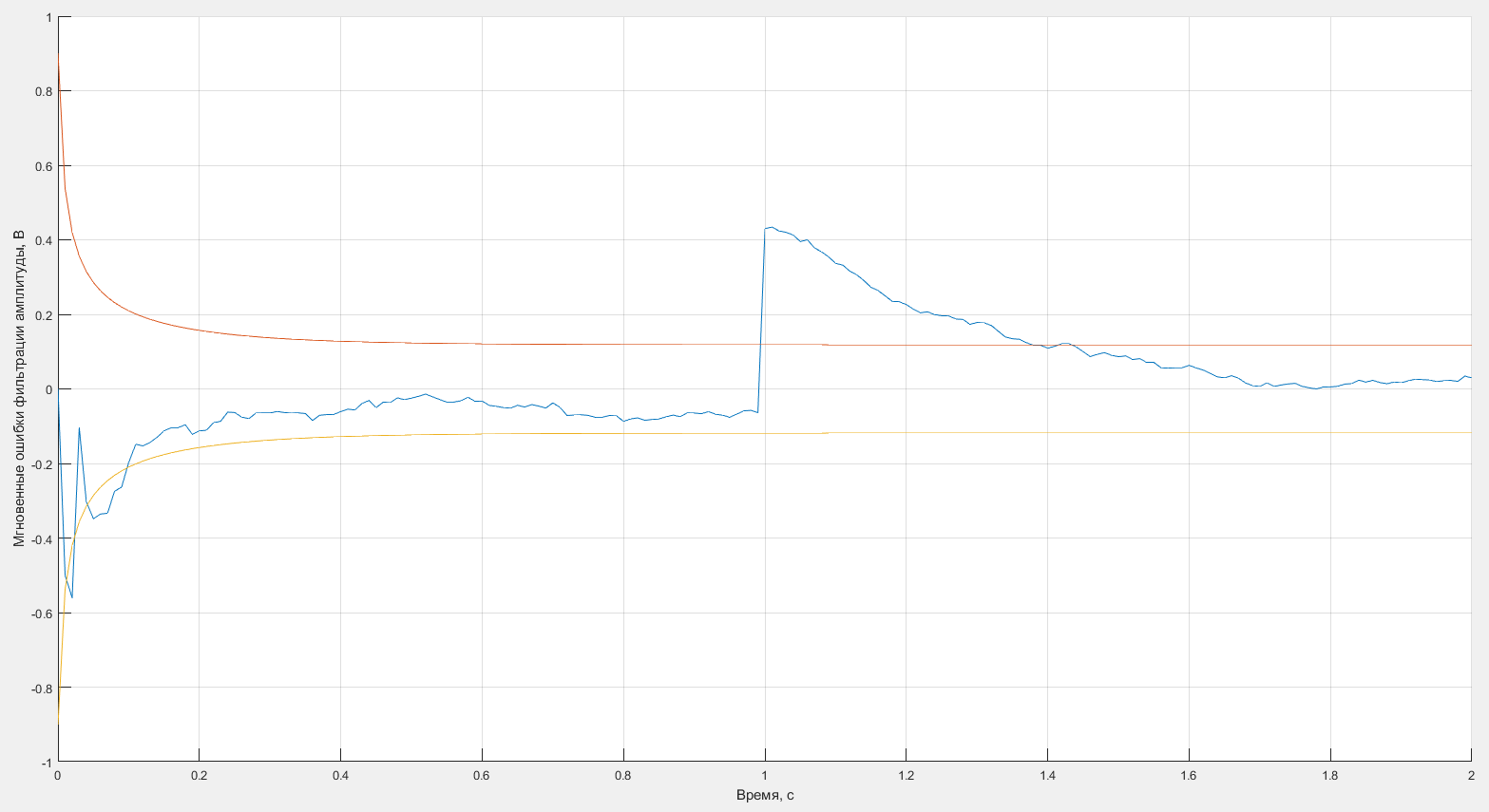
1. Графики временных зависимостей для ошибок фильтрации фазы

* мгновенной ошибки фильтрации фазы: ;
* предельные границы ошибок фильтрации фазы по уровню 3σ (по оценкам матрицы дисперсий фильтра ):



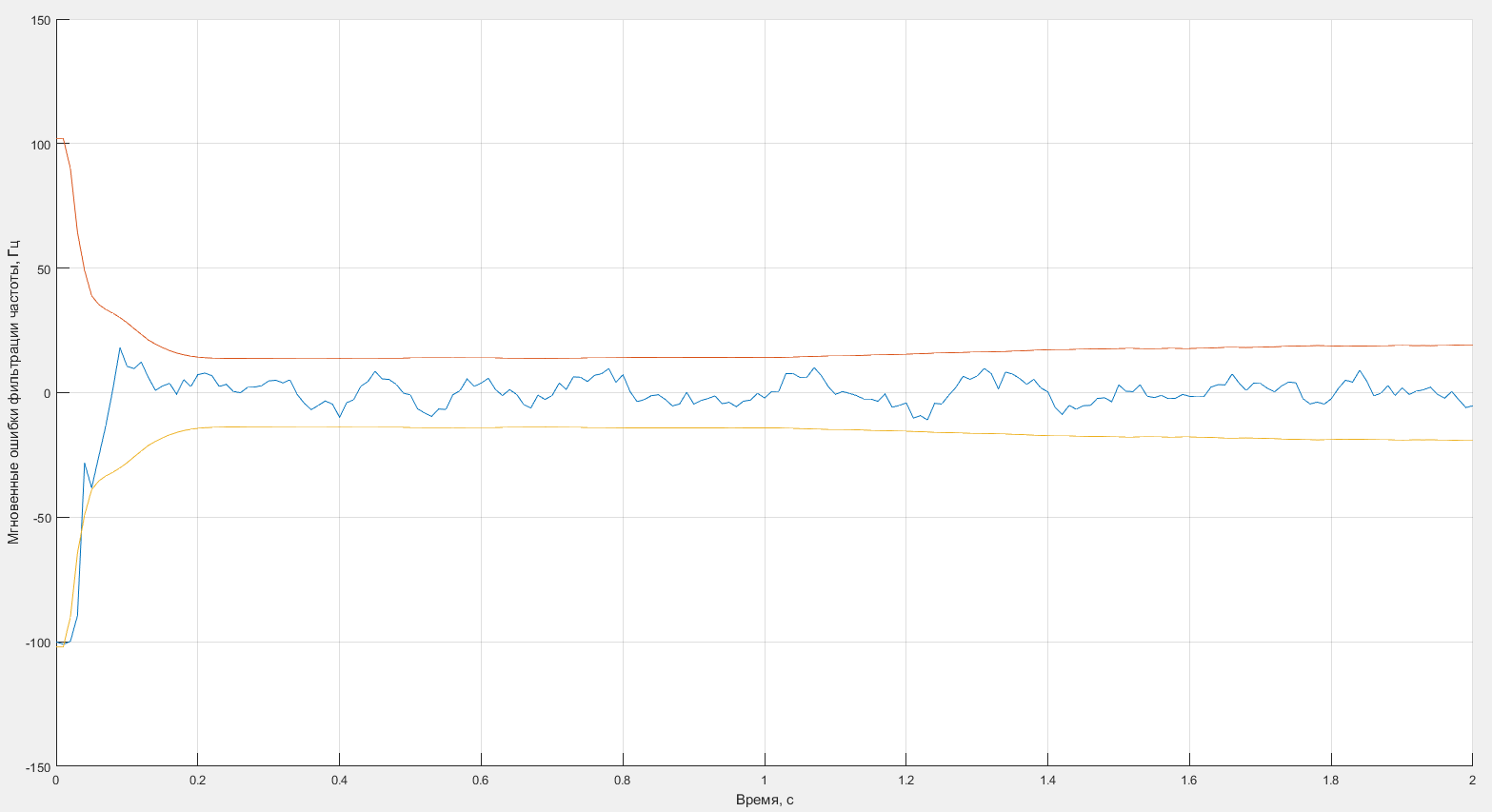
1. Графики временных зависимостей для ошибок фильтрации амплитуды

* мгновенной ошибки фильтрации амплитуды: ;
* предельные границы ошибок фильтрации амплитуды по уровню 3σ (по оценкам матрицы дисперсий фильтра ):



1. Графики временных зависимостей для ошибок фильтрации частоты

* мгновенной ошибки фильтрации частоты: ;
* предельные границы ошибок фильтрации частоты по уровню 3σ (по оценкам матрицы дисперсий фильтра ):



1. Общие выводы

Расширенный фильтр Калмана можно разбить на дискриминатор и фильтр, при условии, что информационные параметры сигнала меняются существенно медленнее, чем сам сигнал. В дискриминаторе происходит накопление сигнала и формирование корреляционных функций. В фильтре выполняются уравнения фильтрации по оптимальному алгоритму. Фильтр переходит в установившийся режим за ~0,3 с. При уменьшении амплитуды наблюдаемого сигнала, увеличиваются отношение сигнал/шум и, следовательно, предельные границы мгновенных ошибок фильтруемых параметров.

**Приложение 1**

**Листинг программы MATLAB**

close all; clear all; clc;

format long

%% Параметры

T = 10e-3;

Td = 0.2e-6;

N = T/Td;

t\_start = 0;

t\_stop = 2;

t = t\_start:T:t\_stop;

td = t\_start:Td:t\_stop;

q\_dB = 30;

q = 10^(q\_dB/10);

alpha = 1;

sigma\_alpha = 10;

c = 3e8;

f0 = 1602e6;

omega0 = 2\*pi\*f0;

fp = 2e3;

omegap = 2\*pi\*fp;

%% Шум наблюдений

a0 = 1;

sigma\_n = a0/(2\*sqrt(q\*Td));

D\_n = sigma\_n^2;

%% Формирующий шум

S = 2\*sigma\_alpha^2\*alpha\*(omega0/c)^2;

D\_xi = S/(2\*T);

D\_zeta = 0.5;

%% Коэффициенты фильтра

F = [1 0 0 0;

0 1 T 0;

0 0 1 T;

0 0 0 1-alpha\*T];

G = [T 0;

0 0;

0 0;

0 alpha\*T];

C = [1 0 0 0;

0 1 0 0];

D\_f = [D\_zeta 0;

0 D\_xi];

%% Начальные условия

x = [1; pi/12; 100; 100];

D = [.3^2 0 0 0;

0 pi^2 0 0;

0 0 34^2 0;

0 0 0 340^2];

xf = [.5; 0; 0; 0];

%% Выделение памяти и начальные приближения

a = nan(size(t)); a(1) = x(1);

phi = nan(size(t)); phi(1) = x(2);

OMEGA = nan(size(t)); OMEGA(1) = x(3);

a\_extr = nan(size(t)); a\_extr(1) = 0;

phi\_extr = nan(size(t)); phi\_extr(1) = 0;

OMEGA\_extr = nan(size(t)); OMEGA\_extr(1) = 0;

D11 = nan(size(t)); D11(1) = D(1,1);

D22 = nan(size(t)); D22(1) = D(2,2);

D33 = nan(size(t)); D33(1) = D(3,3);

D44 = nan(size(t)); D44(1) = D(4,4);

for k = 2:length(t)

%% процесс

x = F\*x + G\*randn(1,1)\*sqrt(D\_f);

a(k) = x(1);

phi(k) = x(2);

OMEGA(k) = x(3);

%% экстраполяция

xf = F\*xf;

D = F\*D\*F' + G\*D\_f\*G';

W = N/(2\*D\_n)\*[1 0;

0 xf(1)^2];

a\_extr(k) = xf(1);

phi\_extr(k) = xf(2);

OMEGA\_extr(k) = xf(3);

%% Дискриминация

for i = 1:N

i\_m = (k-2)\*N+i;

if i\_m\*Td <= 1

ai = 1;

else

ai = 0.5;

end

y = ai\*cos(omegap\*i\_m\*Td + phi(k)) + randn(1,1)\*sigma\_n;

I(i) = y\*cos(omegap\*i\_m\*Td + phi\_extr(k));

Q(i) = y\*sin(omegap\*i\_m\*Td + phi\_extr(k));

end

U\_d1 = sum(I) \* (1/D\_n) - (xf(1)\*N)/(2\*D\_n);

U\_d2 = -sum(Q) \* (xf(1)/D\_n);

u\_d = [U\_d1; U\_d2];

%% Оценка

D = inv(inv(D) + C'\*W\*C);

xf = xf + D\*C'\*u\_d;

D11(k) = D(1,1);

D22(k) = D(2,2);

D33(k) = D(3,3);

D44(k) = D(4,4);

if k\*T <= 1

ak = 1;

else

ak = 0.5;

end

epsilon\_a(k) = (a\_extr(k) - ak);

end

%epsilon\_a = (a\_extr - a);

epsilon\_phi = (phi\_extr - phi);

epsilon\_OMEGA = (OMEGA\_extr - OMEGA);

figure(1);

hold on, grid on;

plot(t, epsilon\_a, t, [3\*sqrt(D11); -3\*sqrt(D11)])

xlabel("Время, с");

ylabel("Мгновенные ошибки фильтрации амплитуды, В");

figure(2);

hold on, grid on;

plot(t, epsilon\_phi\*180/pi, t, [3\*sqrt(D22); -3\*sqrt(D22)]\*180/pi)

xlabel("Время, с");

ylabel("Мгновенные ошибки фильтрации фазы, град");

figure(3);

hold on, grid on;

plot(t, epsilon\_OMEGA, t, [3\*sqrt(D33); -3\*sqrt(D33)])

xlabel("Время, с");

ylabel("Мгновенные ошибки фильтрации частоты, Гц");