



Национальный Исследовательский Университет  
Московский Энергетический Институт





# Математическое моделирование амплитудного моноимпульсного пеленгатора

Студент: Литвинов С.В. ЭР-12-08  
Научный руководитель: проф. Евсиков Ю.А.



# Общие сведения

Современные радары сопровождения построены как импульсные радары. Импульсный радар передаёт излучающий сигнал только в течение очень короткого времени, коротким импульсом (обычно приблизительно микросекунда), после чего переходит в режим приёма и слушает эхо, отражённое от цели, в то время как излучённый импульс распространяется в пространстве.

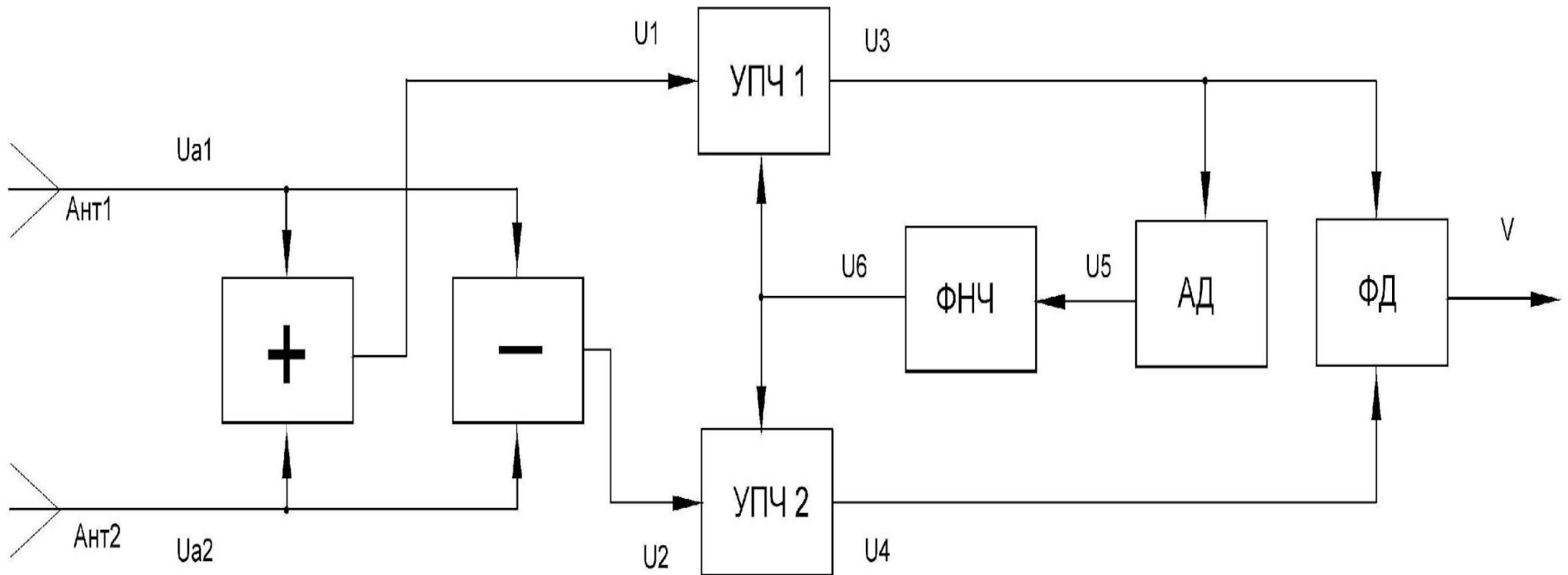


Проводится моделирование следящего моноимпульсного амплитудного суммарно-разностного пеленгатора для одной плоскости пеленга, разработка программ на языке Fortran для моноимпульсного амплитудного пеленгатора и его отдельных элементов.

Используются методы математического моделирования радиотехнических устройств и систем на функциональном этапе проектирования с использованием базиса простейших функциональных элементов при комплексном описании радиосигналов и помех. В качестве математической модели диаграммы направленности антенны использовалась функция  $\sin(x)/x$ .



# Структурная схема пеленгатора





# Модель гармонического радиосигнала



Мгновенные значения гармонического сигнала с несущей частотой  $\omega_0$  и расстройкой  $\Omega$  запишем в виде

$$u(t) = U_0 \cdot \cos[(\omega_0 + \Omega) \cdot t]$$

При математическом моделировании методом комплексных амплитуд сигнал представляется комплексной амплитудой

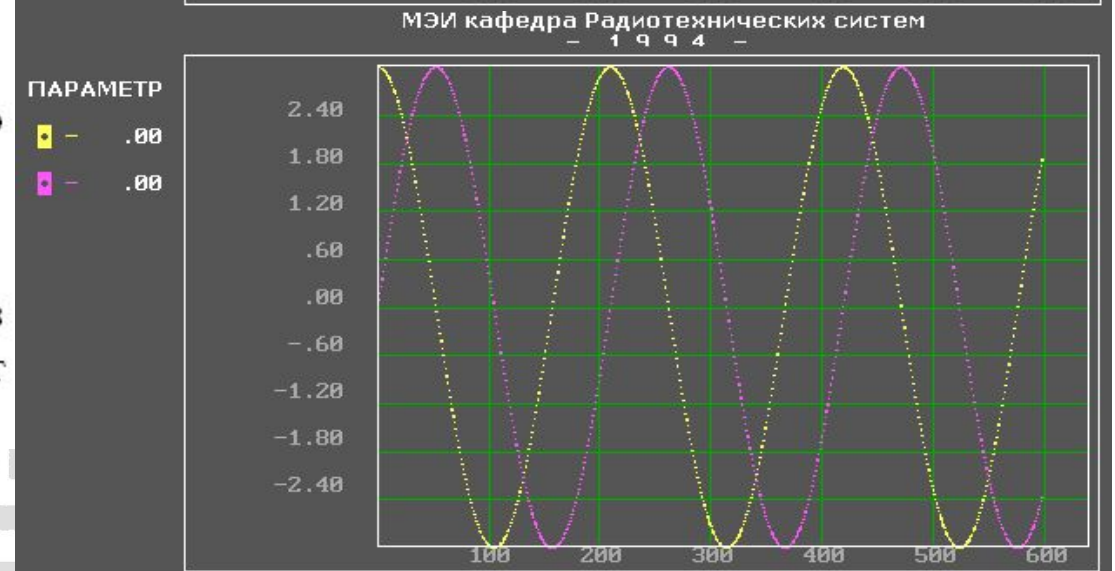
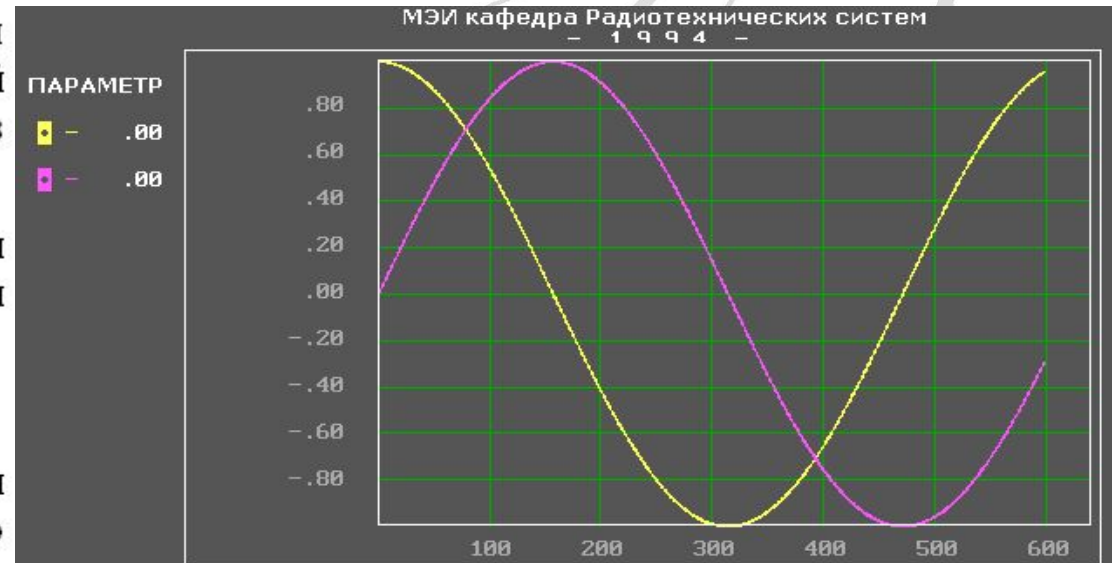
$$\dot{U}(t) = U_0 \cdot \exp(j \cdot \Omega \cdot t)$$

При математическом моделировании гармонический сигнал удобно представить в виде  $\dot{U}_i = \dot{U}_{i-1} \cdot \dot{d}$

где  $U_i$  - комплексная амплитуда  $i$ -го отсчета,

$$\dot{d} = e^{j \cdot \Omega \cdot \Delta t}$$

Формула является точной и в тактовых точках  $i \cdot \Delta t$  обеспечивает точное значение комплексной амплитуды.

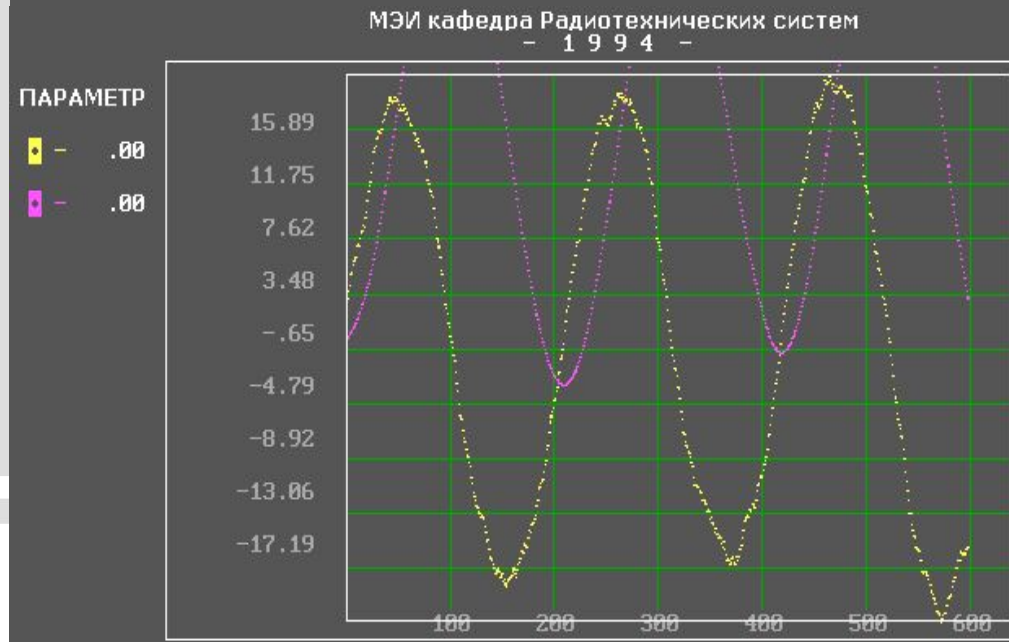
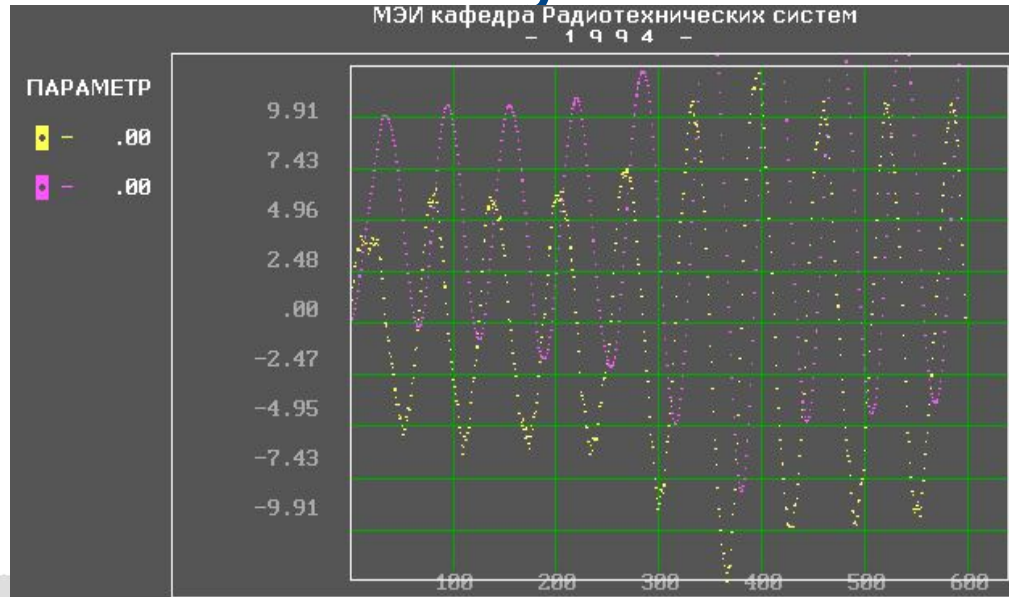




# Модель гармонического радиосигнала с шумами

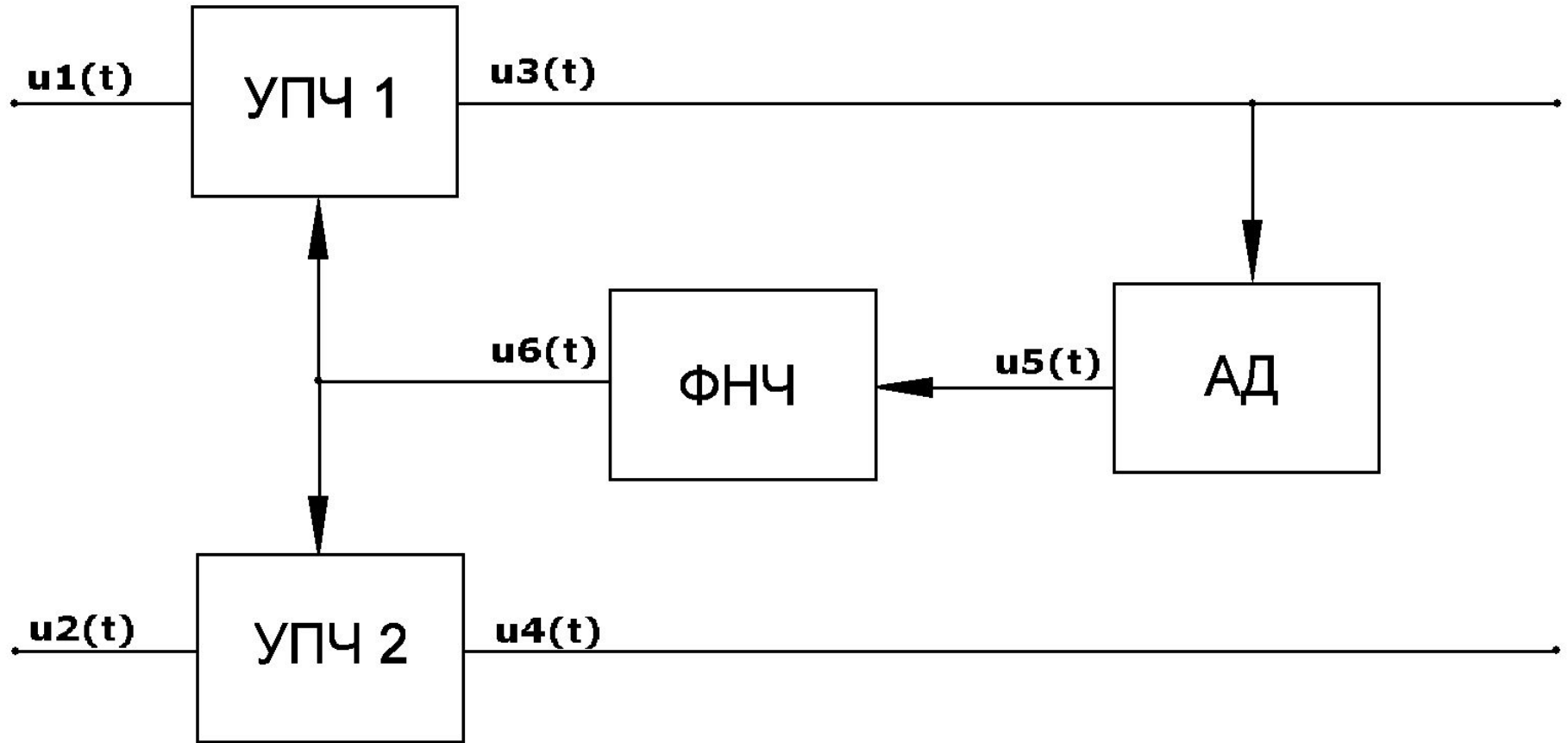


## С шумами



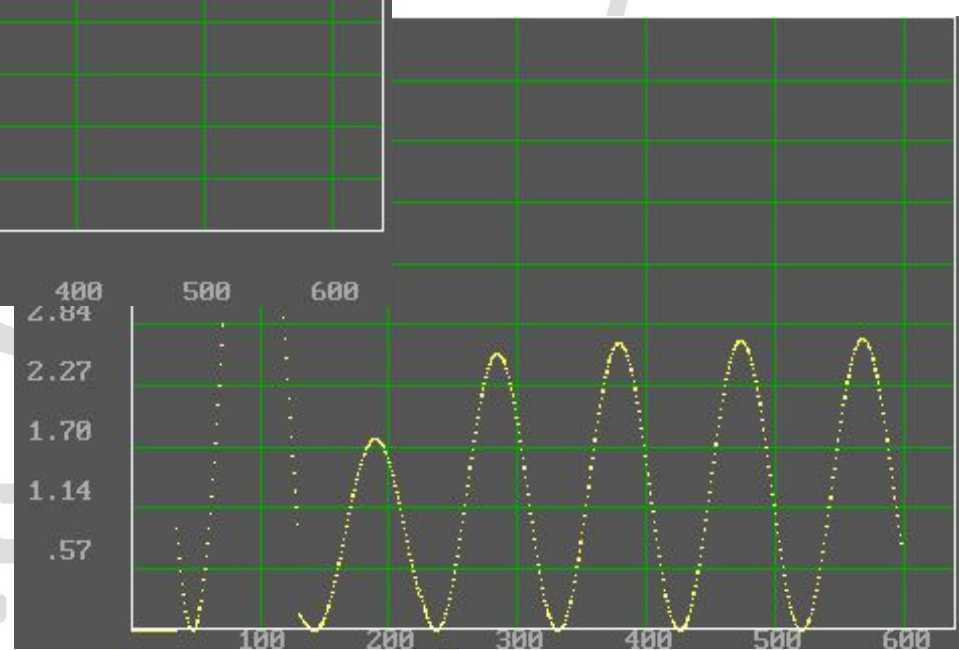
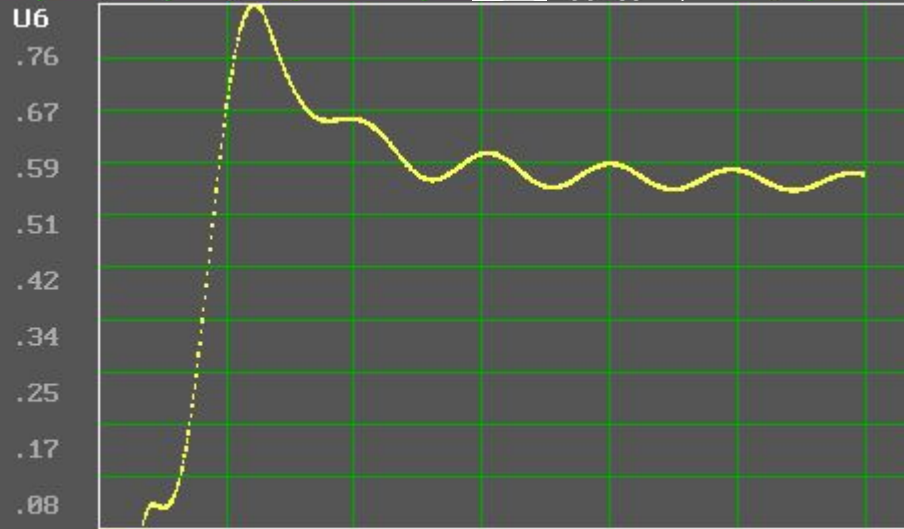
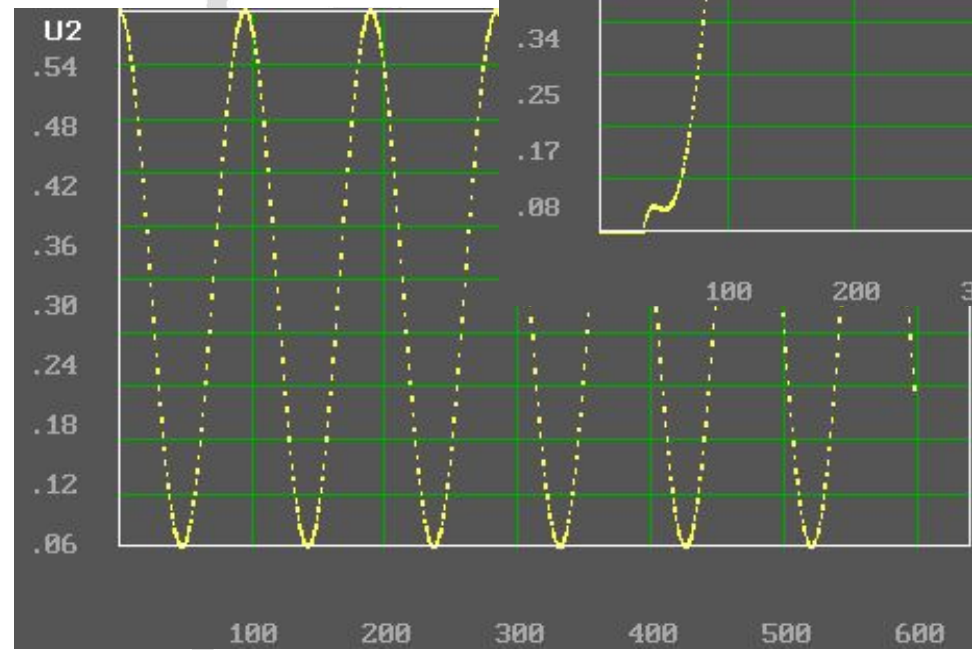
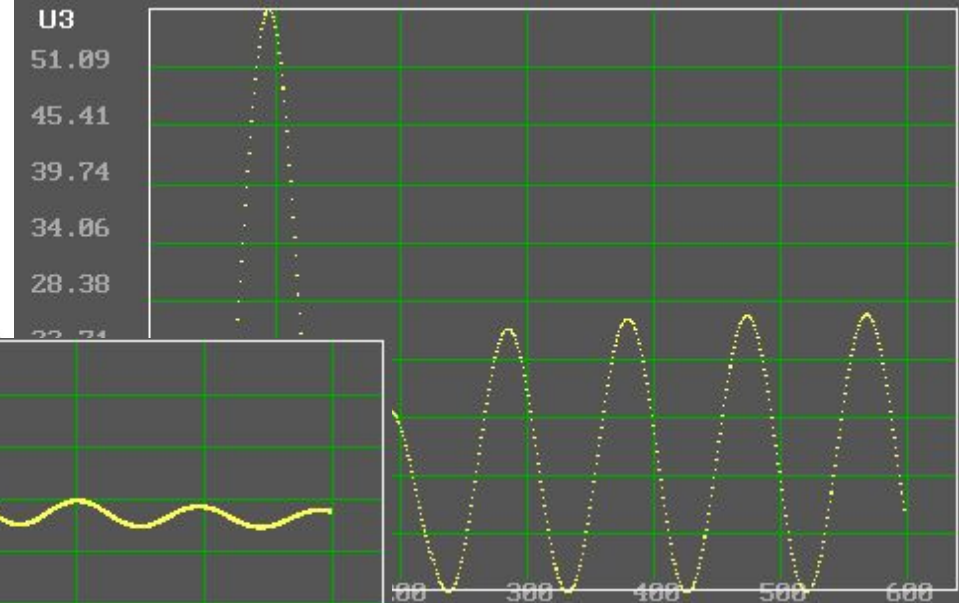
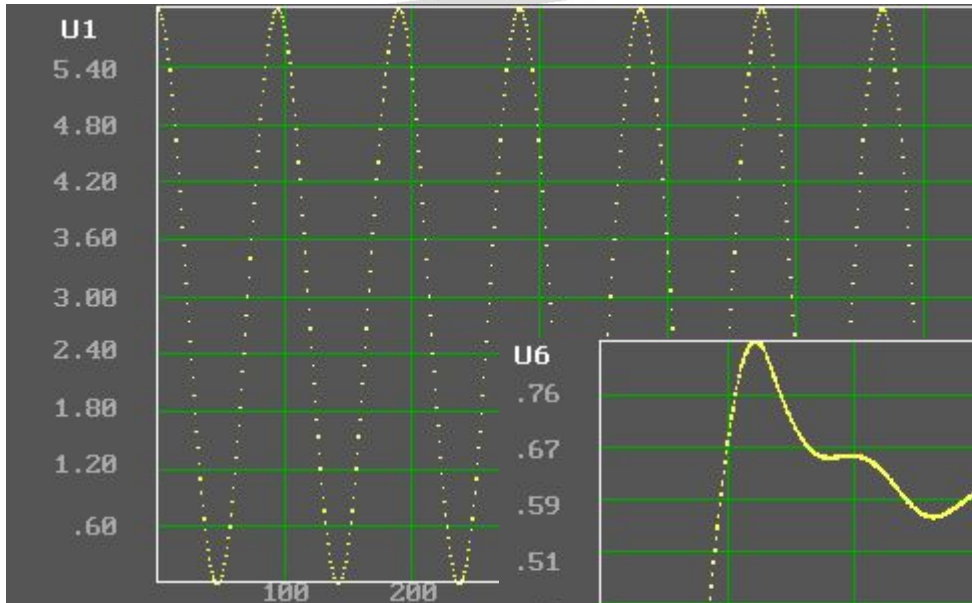


# Система АРУ





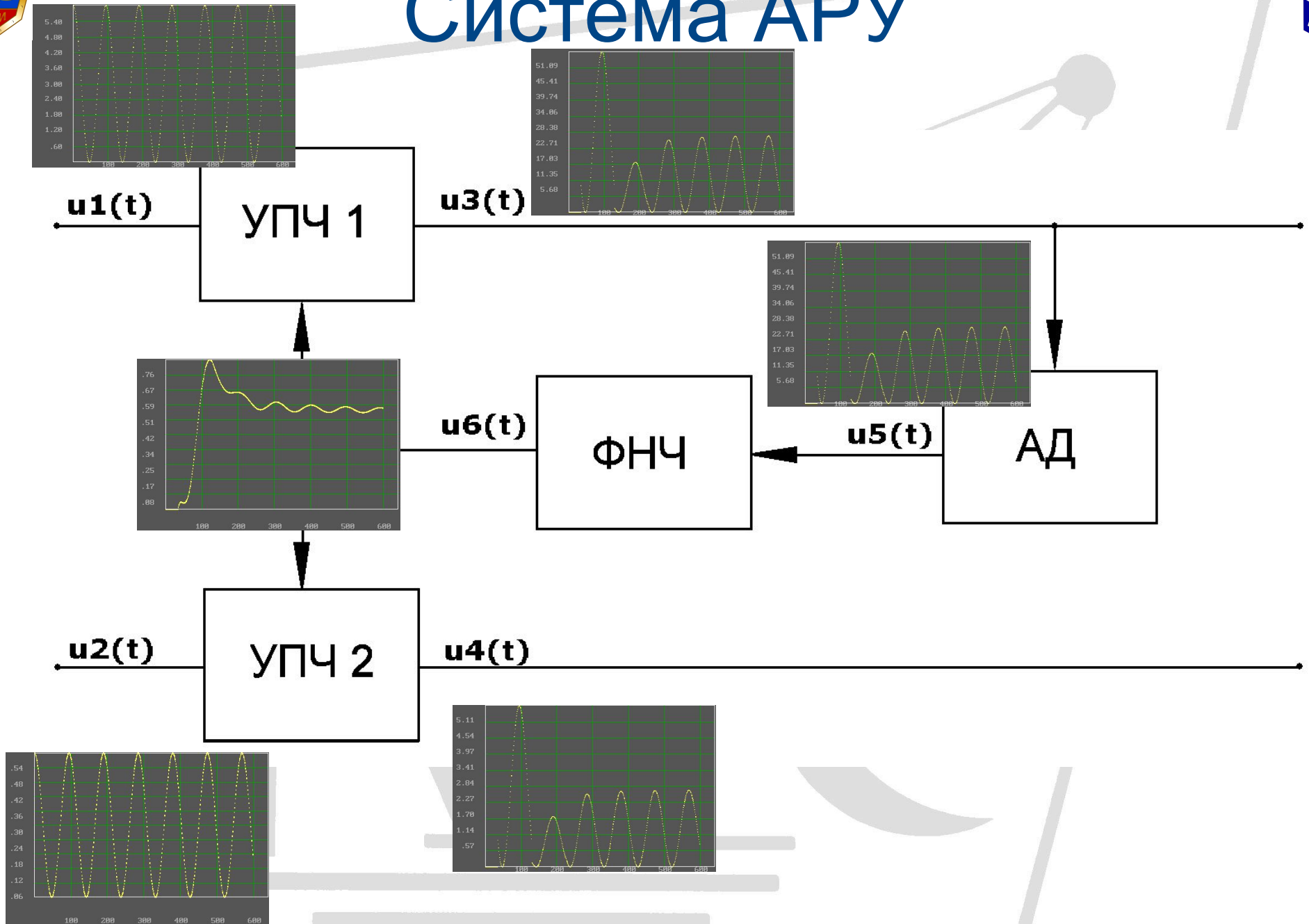
# Система АРУ





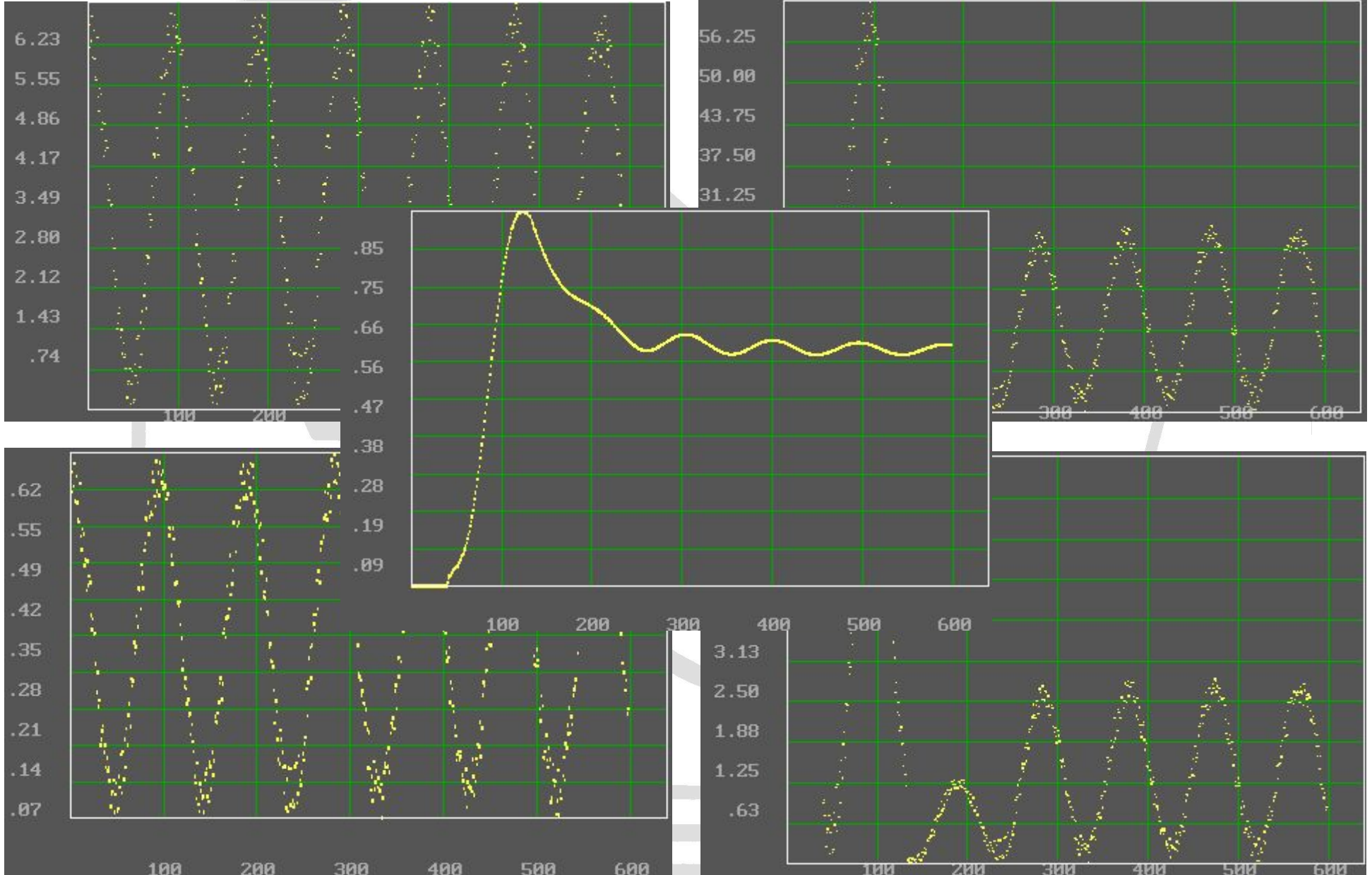


# Система АРУ





# Система АРУ с шумами





# Усилитель промежуточной частоты

При моделировании УПЧ используется метод комплексных амплитуд.

$$\dot{U}_{\text{УПЧ}}(t) = \frac{1}{1 + \tau_{\text{к}} p} \dot{U}_{\text{СМ}}(t)$$

Комплексная амплитуда на выходе УПЧ определяется дифференциальным уравнением

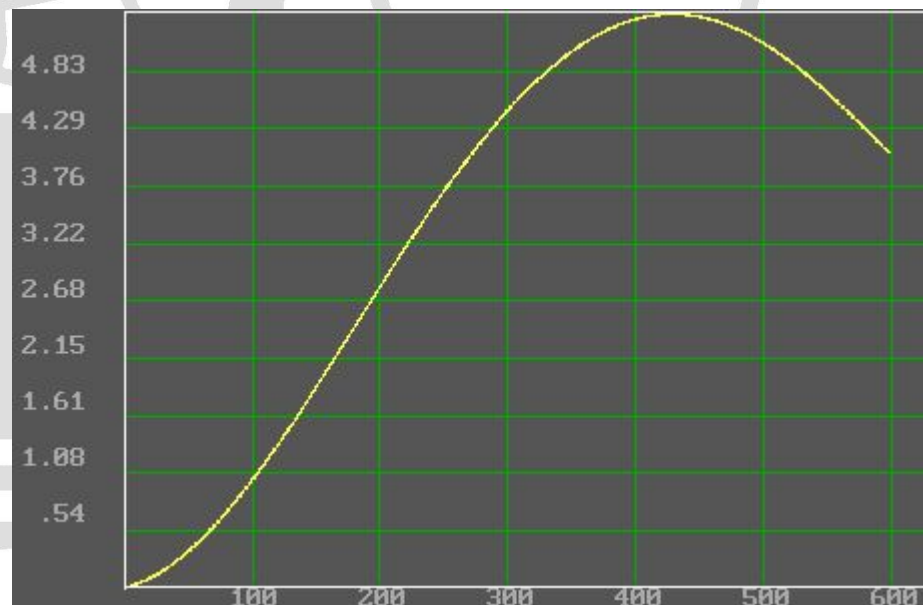
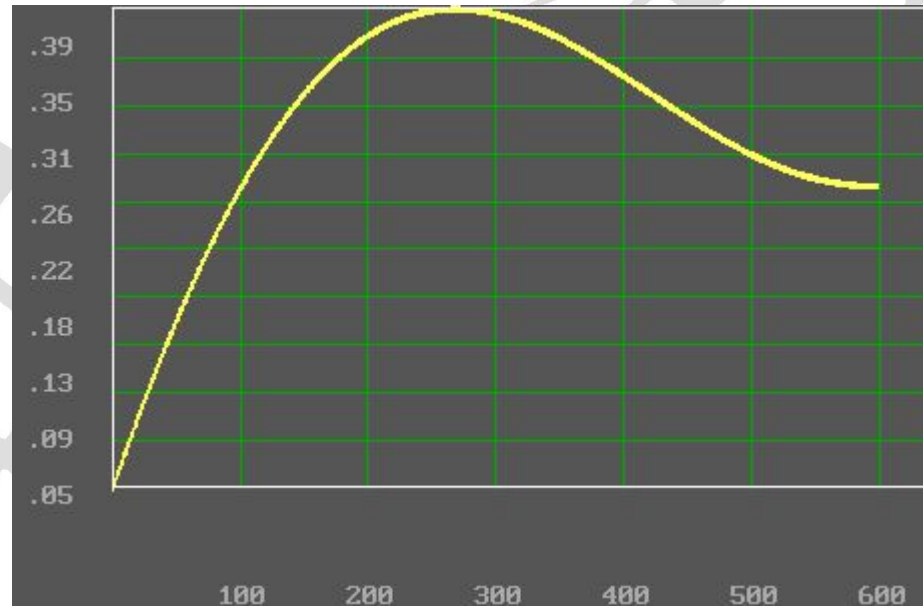
$$\dot{U}_{\text{УПЧ}}(t) + \tau_{\text{к}} \frac{d\dot{U}_{\text{УПЧ}}(t)}{dt} = \dot{U}_{\text{СМ}}(t)$$

Введем безразмерное время

$$t_0 = \frac{t}{\tau_{\text{к}}} \quad \Delta t_0 = \frac{\Delta t}{\tau_{\text{к}}}$$

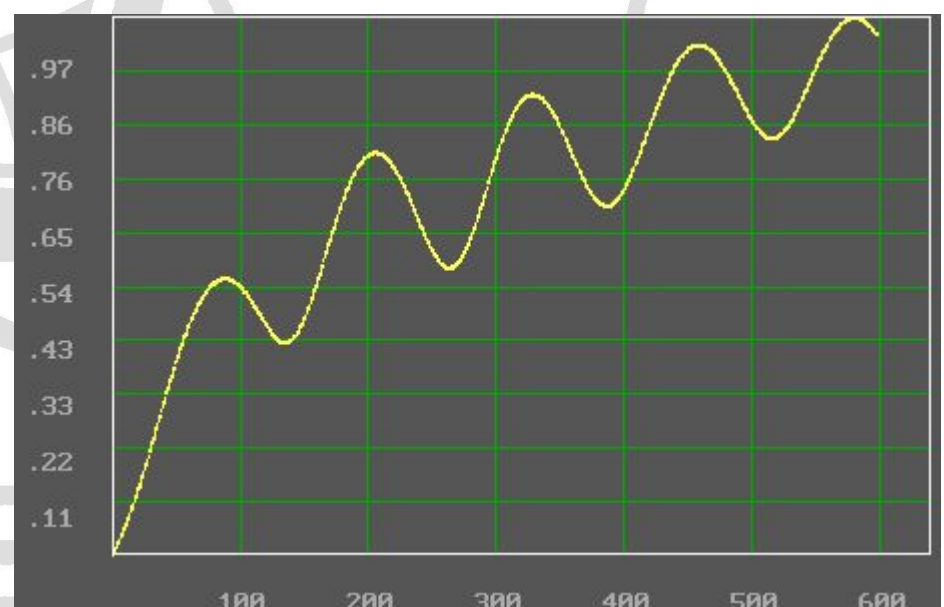
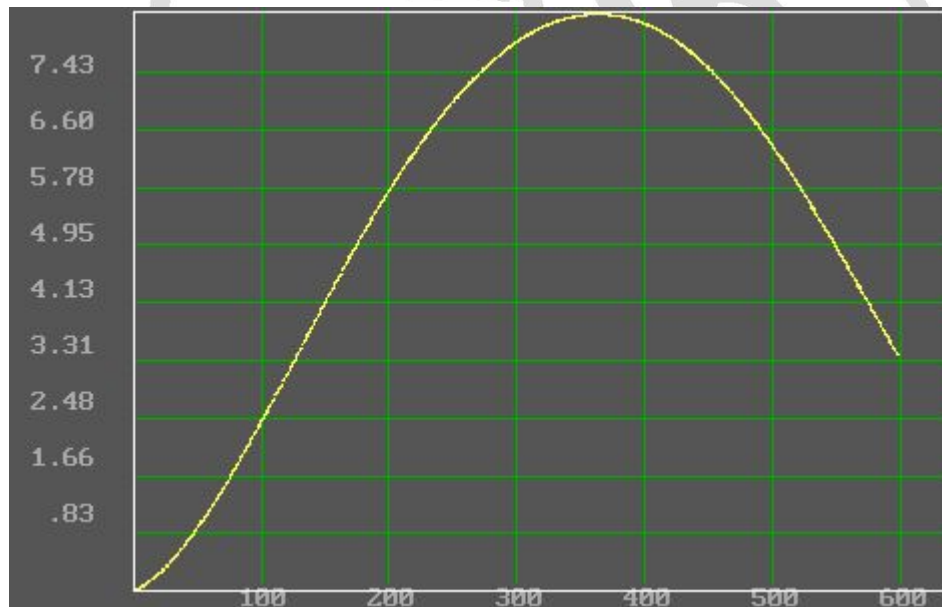
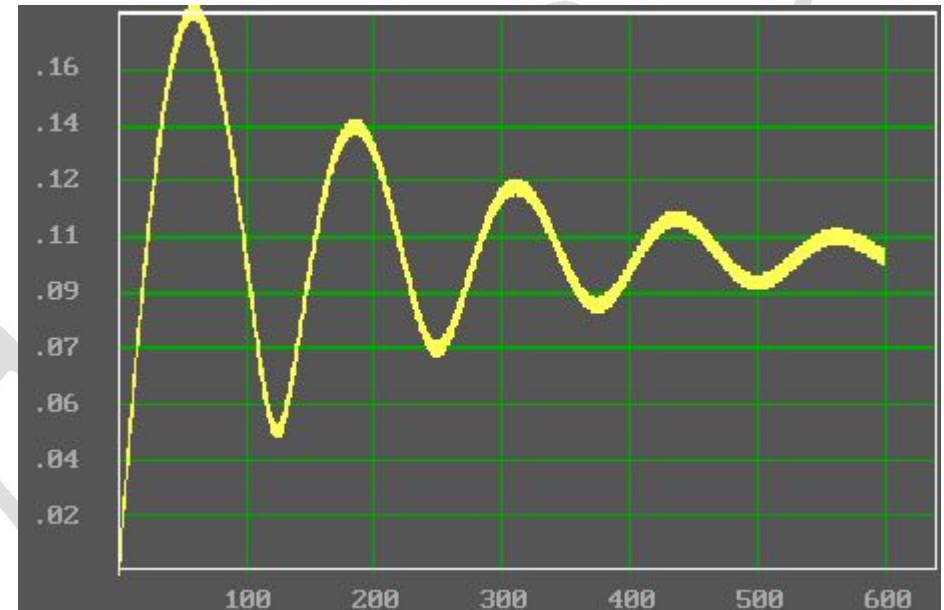
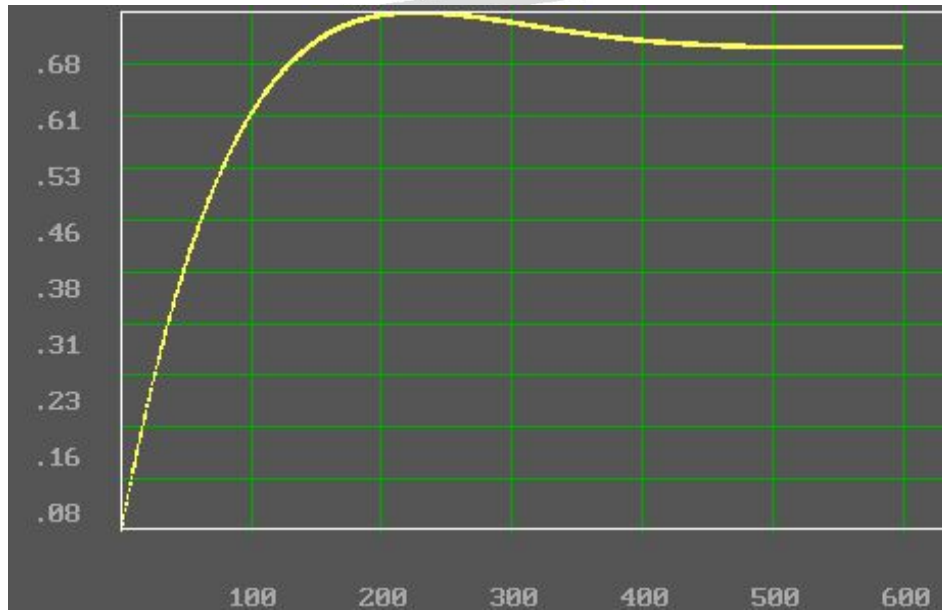
$$\dot{U}_{\text{УПЧ}i-1} + \frac{\dot{U}_{\text{УПЧ}i} - \dot{U}_{\text{УПЧ}i-1}}{\Delta t_0} = \dot{U}_{\text{СМ}i}$$

$$\dot{U}_{\text{УПЧ}i} = \dot{U}_{\text{УПЧ}i-1}(1 - \Delta t_0) + \Delta t_0 \dot{U}_{\text{СМ}i}$$





# Усилитель промежуточной частоты





# Моделирование пеленгатора



## Модель входных сигналов

Мгновенные значения гармонического сигнала  $u(t) = U_0 \cdot \cos[(\omega_0 + \Omega) \cdot t]$

При математическом моделировании методом комплексных амплитуд сигнал представляется комплексной амплитудой

$$\dot{U}(t) = U_0 \cdot \exp(j \cdot \Omega \cdot t)$$

Гармонический сигнал удобно представить в виде

$$\dot{U}_i = \dot{U}_{i-1} \cdot \dot{d} \quad \dot{d} = e^{j \cdot \Omega \cdot \Delta t}$$

## Модель сигнала на выходе антенн

Используя данные задания запишем диаграммы направленности антенн.

$$G_1(\varphi) := \frac{\sin[(\varphi + \varphi_0) \cdot \alpha]}{[(\varphi + \varphi_0) \cdot \alpha]}$$

$$G_2(\varphi) := \frac{\sin[(\varphi - \varphi_0) \cdot \alpha]}{[(\varphi - \varphi_0) \cdot \alpha]}$$

Тогда сигнал на выходе антенн будет соответственно

$$U_{a1}(t) := U_{vx}(t) \cdot \frac{\sin[(\varphi + \varphi_0) \cdot \alpha]}{[(\varphi + \varphi_0) \cdot \alpha]}$$

$$U_{a2}(t) := U_{vx}(t) \cdot \frac{\sin[(\varphi - \varphi_0) \cdot \alpha]}{[(\varphi - \varphi_0) \cdot \alpha]}$$

## Модель УПЧ

Коэффициент передачи УПЧ

$$K(p) = \frac{1}{1 + \tau_k \cdot p}$$

Используя « $\delta$  — аппроксимацию», то есть

$$p \rightarrow \frac{\Delta t}{1 - z}$$

делая замену, получаем запись сигналов на выходах УПЧ1 и УПЧ2:

$$U_{3n} := \frac{\Delta t \cdot U_{1n} + \tau_k \cdot U_{3n-1}}{\Delta t + \tau_k}$$

$$U_{4n} := \frac{\Delta t \cdot U_{2n} + \tau_k \cdot U_{4n-1}}{\Delta t + \tau_k}$$

Аналогично получаем формулу для записи сигнала на выходе ФНЧ, используя его

коэффициент передачи:  $K(p) = \frac{1}{1 - pT}$

$$U_{6n} := \frac{\Delta t \cdot U_{5n-1} + T \cdot U_{4n-1}}{\Delta t + T}$$

## Модель АФД

Формула для выходного сигнала:

$$V_n := \text{Re}(U_{5n} \cdot U_{6n})$$



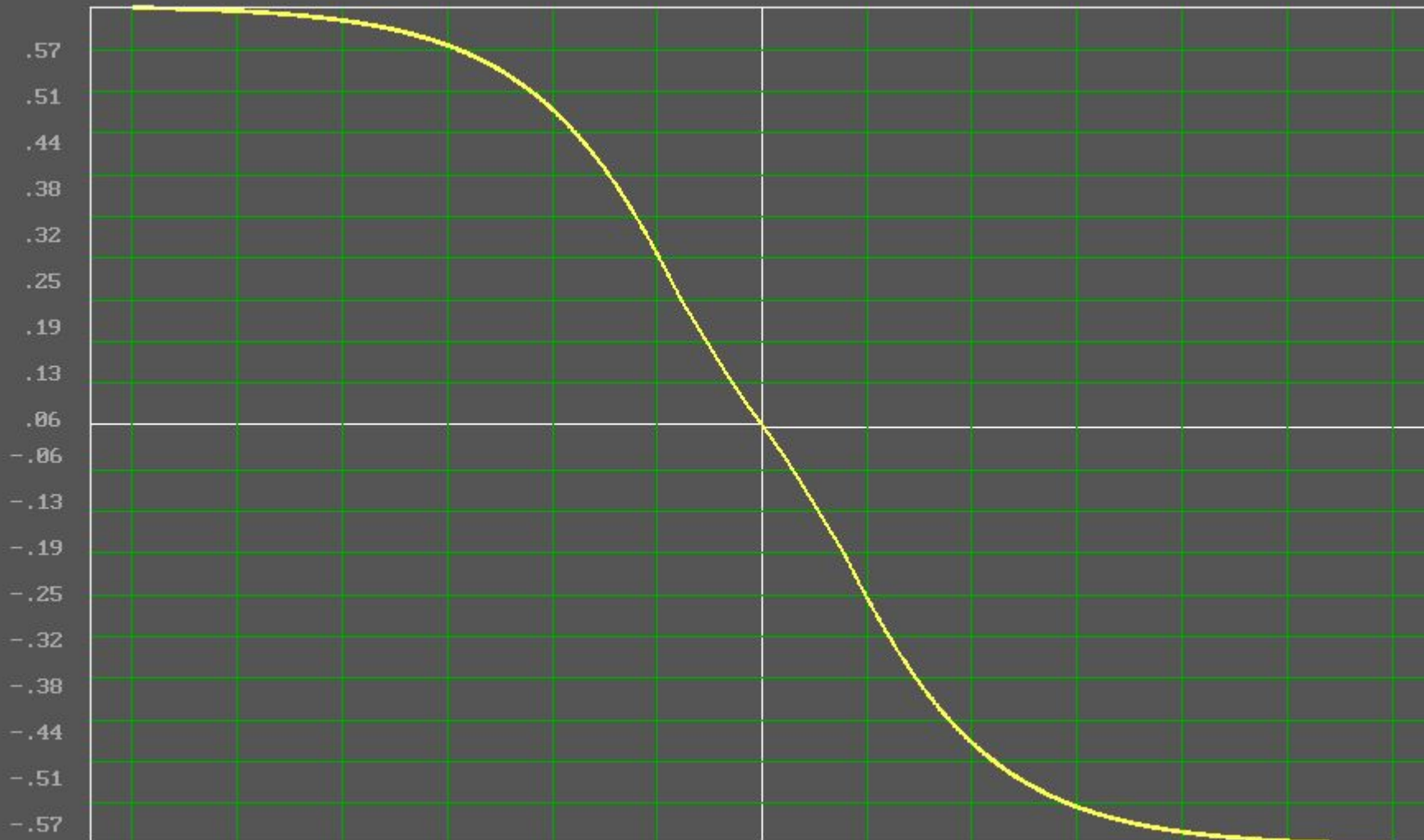
# Пеленгационная характеристика



МЭИ кафедра Радиотехнических систем  
- 1 9 9 4 -

ПАРАМЕТР

■ - .00



Для продолжения работы нажмите любую клавишу!



**Спасибо за внимание**



Национальный Исследовательский Университет  
Московский Энергетический Институт

