





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 краткого 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.

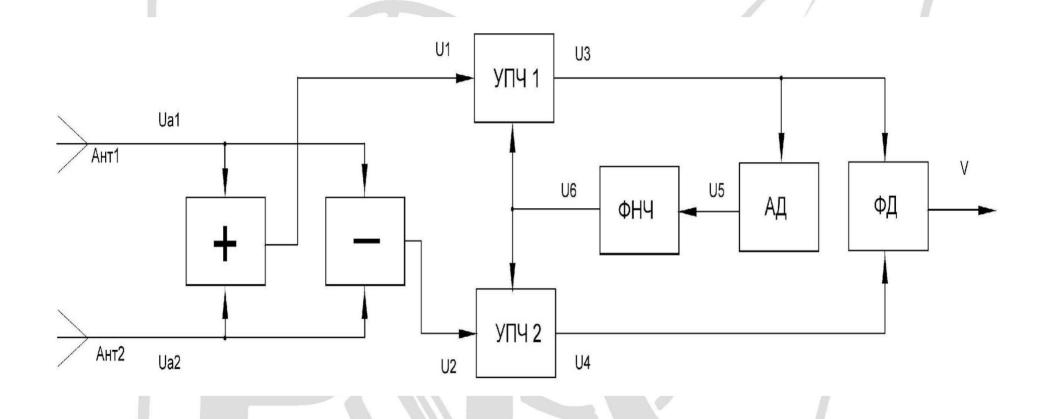
Проводится моделирование следящего моноимпульсного амплитудного суммарно-разностного пеленгатора для одной плоскости пеленга, разработка программ на языке Fortran для моноимпульсного амплитудного пеленгатора и его отдельных элементов.

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 параметр частотой ω_0 и расстройкой Ω запишем в $u(t) = U_0 \cdot \cos \left[\left(\omega_0 + \Omega \right) \cdot t \right]$ • - .88

При математическом моделировании методом комплексных амплитуд сигнал представляется комплексной амплитудой

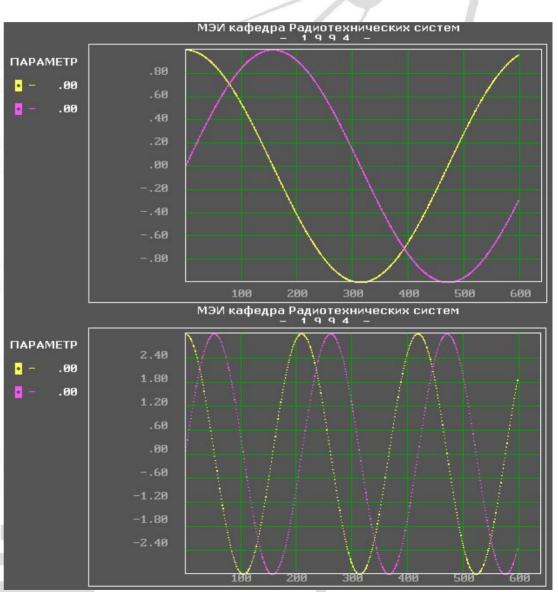
$$\dot{\mathbf{U}}(t) = \mathbf{U}_0 \cdot \exp(\mathbf{j} \cdot \mathbf{\Omega} \cdot \mathbf{t})$$

При математическом моделировании гармонический сигнал удобно представить в виде $U_{i} = U_{i-1} \cdot d$

где U_i - комплексная амплитуда і-го отсчета,

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

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

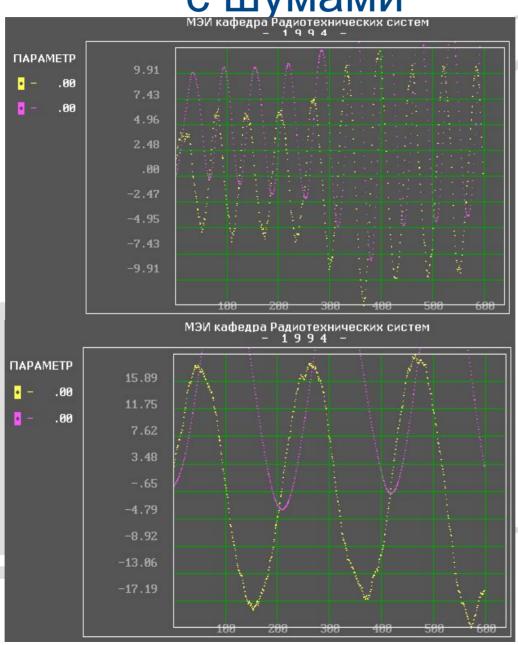




Модель гармонического радиосигнала



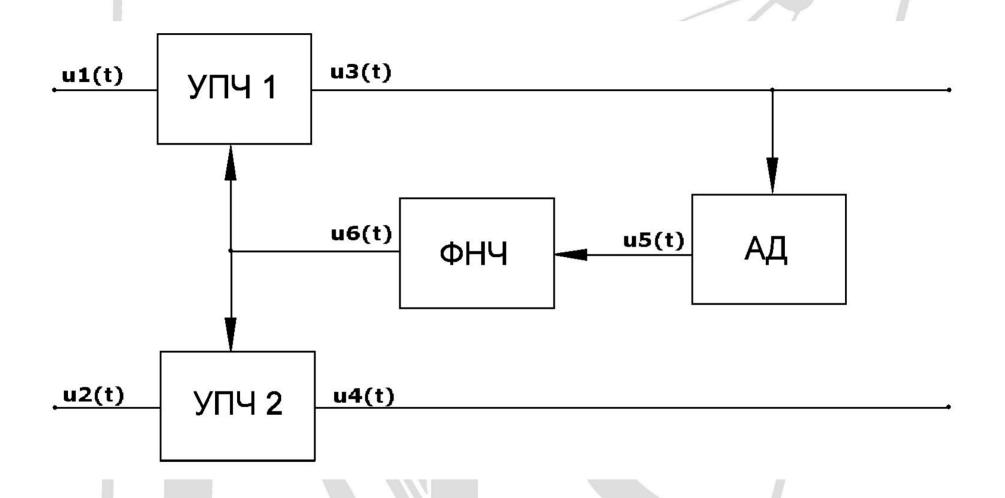
с шумами





Система АРУ

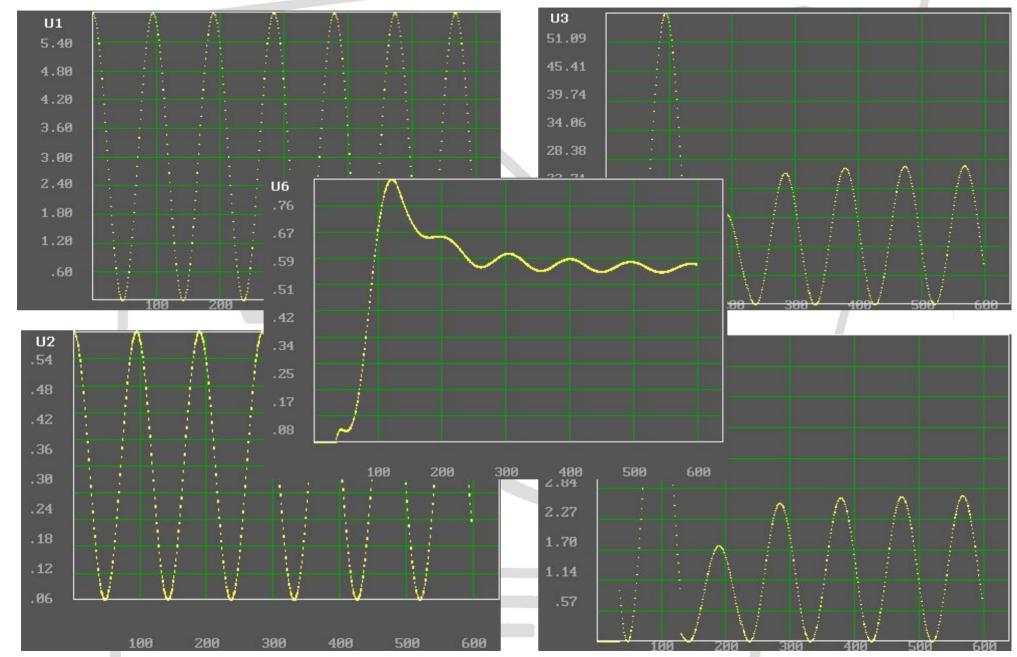


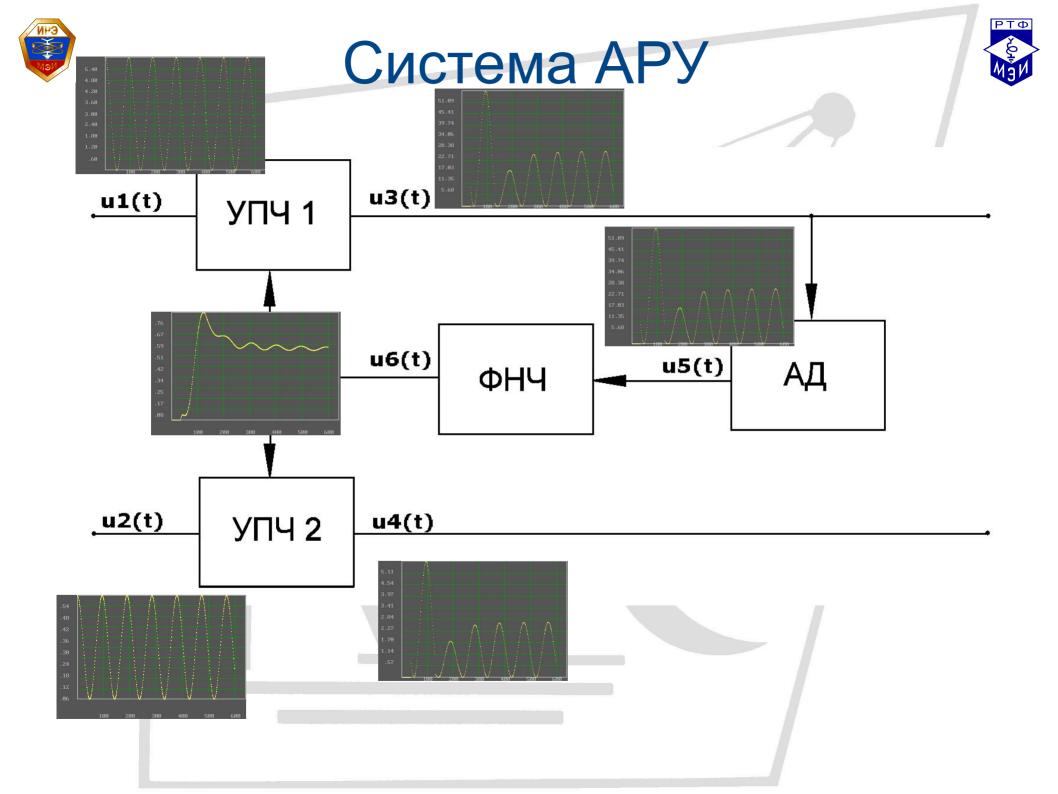




Система АРУ



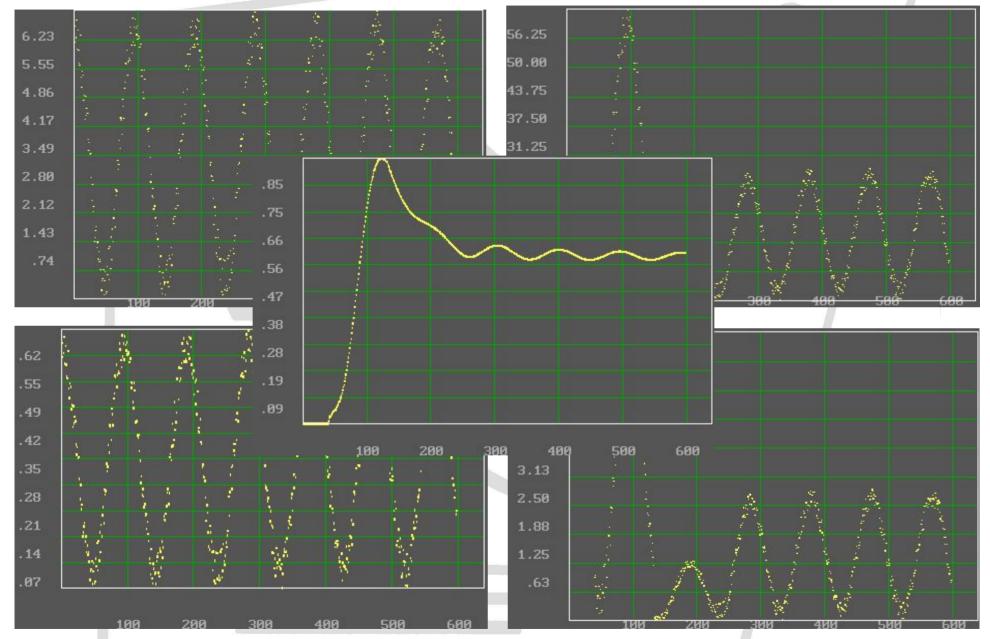






Система АРУ с шумами







Усилитель промежуточной частоты



При моделировании УПЧ используется метод комплексных амплитуд.

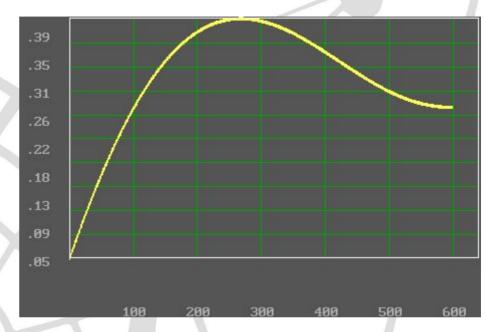
$$\dot{U}_{\mathrm{Y\Pi H}}(t) = \frac{1}{1+\tau_{\mathrm{K}}p} \dot{U}_{\mathrm{CM}}(t)$$

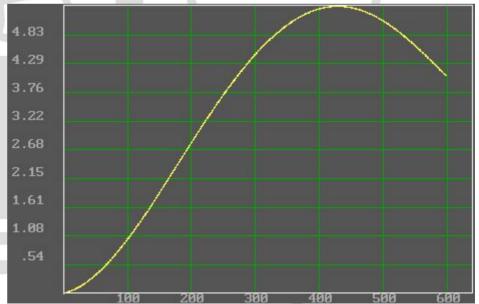
Комплексная амплитуда на выходе УПЧ определяется дифференциальным уравнением

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

Введем безразмерное время

$$\begin{split} & t_0 = \frac{t}{\tau_{\kappa}} \\ & \dot{U}_{y \parallel \forall i-1} + \frac{\dot{U}_{y \parallel \forall i} - \dot{U}_{y \parallel \forall i-1}}{\Delta t_0} = \dot{U}_{CMi} \\ & \dot{U}_{y \parallel \forall i} = \dot{U}_{y \parallel \forall i-1} (1 - \Delta t_0) + \Delta t_0 \dot{U}_{CMi} \end{split}$$

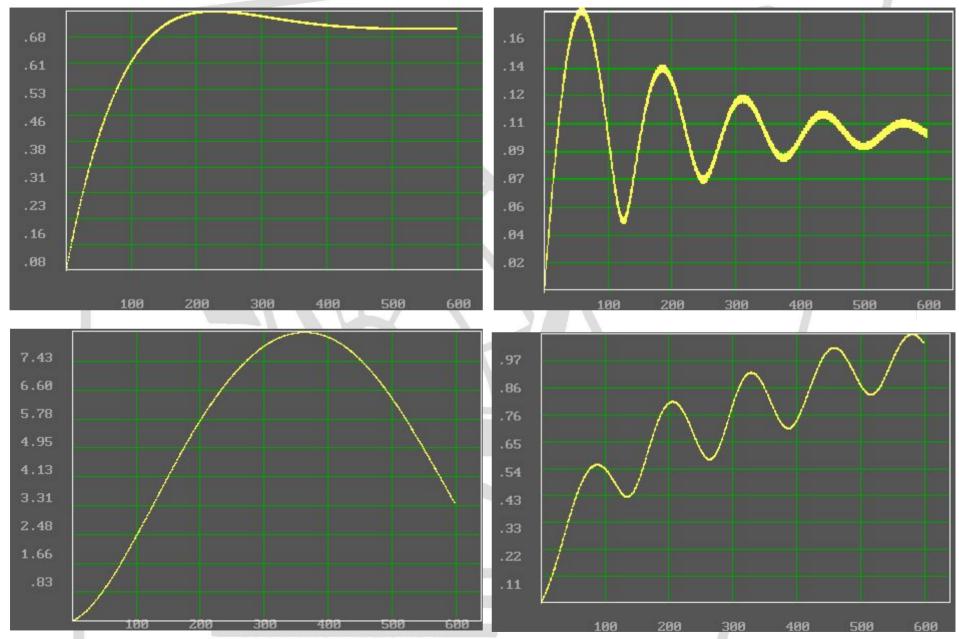






Усилитель промежуточной частоты







Моделирование пеленгатора



Модель входных сигналов

Мгновенные значения гармонического $\mathbf{u}(t) = \mathbf{U_o} \cdot \mathbf{cos} \left[\left(\omega_0 + \Omega \right) \cdot \mathbf{t} \right]$

При математическом моделировании методом комплексных амплитуд сигнал представляется комплексной амплитудой

$$\dot{\mathbf{U}}(t) = \mathbf{U}_0 \cdot \exp(\mathbf{j} \cdot \Omega \cdot \mathbf{t})$$

Гармонический сигнал удобно представить в виде

$$U_i = U_{i-1} d$$
 $d = e^{j \Omega \cdot \Delta t}$

Модель сигнала на выходе антенн

Используя данные задания запишем диаграммы направленности антенн.

$$\begin{split} \mathbf{G_1}(\phi) &:= \frac{\sin \left[\left(\phi + \phi_0 \right) \cdot \alpha \right]}{\left[\left(\phi + \phi_0 \right) \cdot \alpha \right]} \\ \mathbf{G_2}(\phi) &:= \frac{\sin \left[\left(\phi - \phi_0 \right) \cdot \alpha \right]}{\left[\left(\phi - \phi_0 \right) \cdot \alpha \right]} \end{split}$$

Тогда сигнал на выходе антенн будет соответственно

$$\begin{split} \mathbf{U_{a1}(t)} &:= \mathbf{U}\mathbf{v}\mathbf{x}(t) \cdot \frac{\sin \left[\left(\phi + \phi_0 \right) \cdot \alpha \right]}{\left[\left(\phi + \phi_0 \right) \cdot \alpha \right]} \\ \mathbf{U_{a2}(t)} &:= \mathbf{U}\mathbf{v}\mathbf{x}(t) \cdot \frac{\sin \left[\left(\phi - \phi_0 \right) \cdot \alpha \right]}{\left[\left(\phi - \phi_0 \right) \cdot \alpha \right]} \end{split}$$

Модель УПЧ

Коэффициент передачи УПЧ

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

Используя « δ — аппроксимацию», то есть $p \to \frac{\Delta t}{1-C}$, получаем запись

сигналов на выходах УПЧ1 и УПЧ2:

$$\mathbf{U3_n} := \frac{\Delta t \!\cdot\! \mathbf{U1_n} + \tau_k \!\cdot\! \mathbf{U3_{n-1}}}{\Delta t + \tau_k}$$

$$\mathbf{U4_n} := \frac{\Delta t \cdot \mathbf{U2_n} + \tau_k \cdot \mathbf{U4_{n-1}}}{\Delta t + \tau_k}$$

Аналогично получаем формулу для записи сигнала на выходе Φ НЧ, используя его коэффициент передачи: $K(p) = \frac{1}{1-pT}$

$$\underline{\mathbf{U6}_{\mathbf{n}}} := \frac{\Delta t \cdot \mathbf{U5}_{\mathbf{n-1}} + \mathbf{T} \cdot \mathbf{U4}_{\mathbf{n-1}}}{\Delta t + \mathbf{T}}$$

Модель АФД

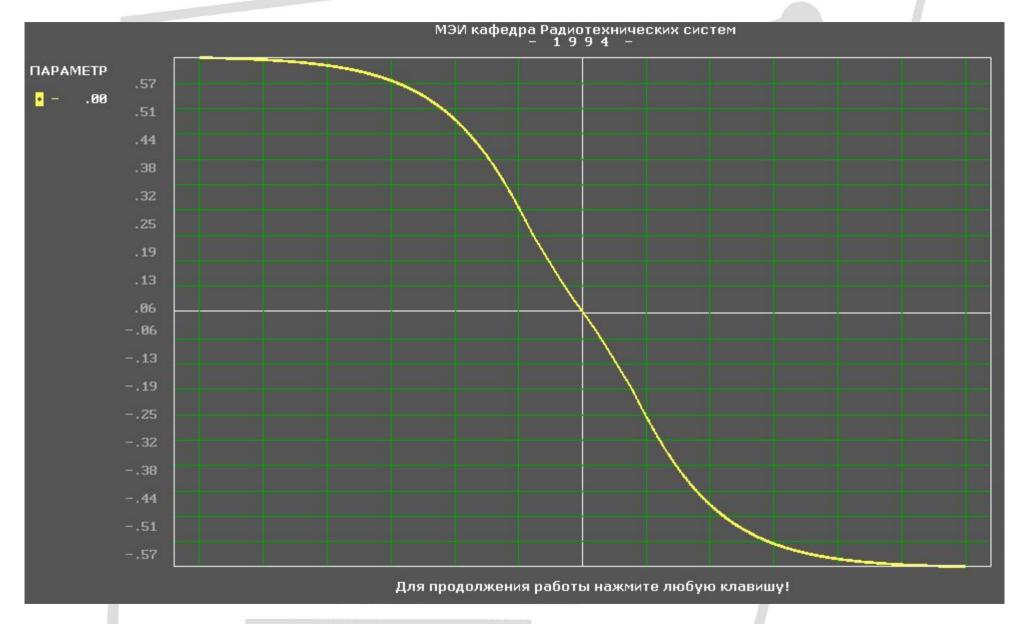
Формула для выходного сигнала:

$$V_n := Re(U5_n \cdot U6_n)$$



Пеленгационная характеристика





Спасибо за внимание



