РАДИОАВТОМАТИКА

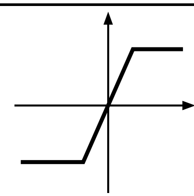
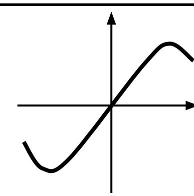
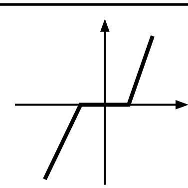
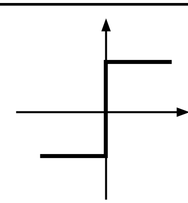
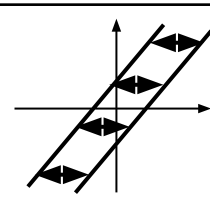
Лекция 10

НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ САР. НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ФАПЧ И ЕЕ АНАЛИЗ НА ФАЗОВОЙ ПЛОСКОСТИ

НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ САР

Обращение к нелинейной модели необходимо:

- для расчета ошибок при интенсивных воздействиях,
- для анализа захвата и срыва слежения,
- для исследования принципиально нелинейных систем

Вид нелинейности	Примеры	При каком уровне процессов сказывается
Ограничение	 	большом
Зона нечувствительности		малом
Релейная характеристика		малом
Гистерезис		любом

При составлении нелинейной модели учитываются, как правило, наиболее существенная нелинейность и наиболее узкополосные элементы, так чтобы модель описывалась нелинейным дифференциальным уравнением невысокого порядка.

Методы анализа нелинейных систем делятся на три группы: аналитические, графоаналитические и численные.

1) Аналитические методы:

точные, использующие точное решение нелинейного дифференциального уравнения;

приближенные,

а) основанные на аппроксимации характеристики нелинейного элемента, позволяющей решить дифференциальное уравнение (например, кусочно-линейная аппроксимация);

б) основанные на “знании” решения с точностью до постоянных коэффициентов (например, метод гармонической линеаризации).

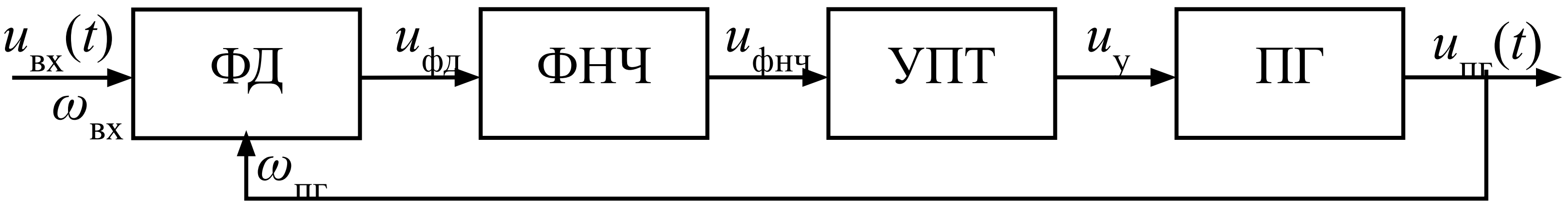
2) Графо-аналитические методы,

использующие качественное решение нелинейных дифференциальных уравнений в сочетании с элементами аналитического исследования (методы пространства состояний – фазового пространства).

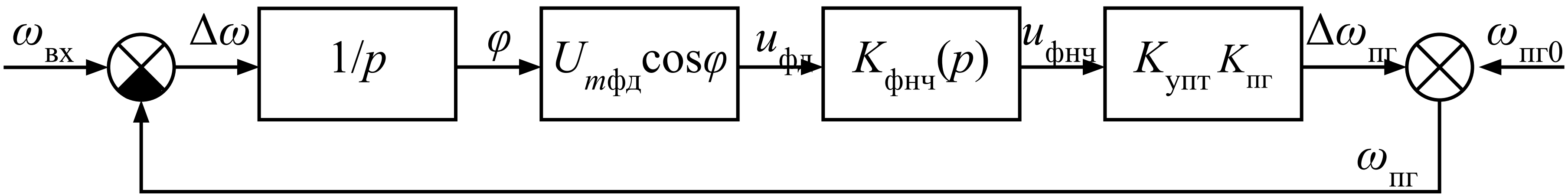
3) Численные методы,

использующие аналоговое и цифровое моделирование.

НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ФАПЧ



$$u_{фд} = U_{mфд}\cos\varphi = U_{mфд}\cos\int(\omega_{вх} - \omega_{пг})dt$$



$\varphi = \Delta\omega/p;$ $\quad p\varphi = \Delta\omega = \omega_{вх} - \omega_{пг} = \omega_{вх} - \omega_{пг0} - \Delta\omega_{пг} = \Omega_{н} - K_{упт}K_{пг}K_{фнч}(p)u_{фд} =$
$= \Omega_{н} - K_{упт}K_{пг}K_{фнч}(p)\, U_{mфд}\cos\varphi.$

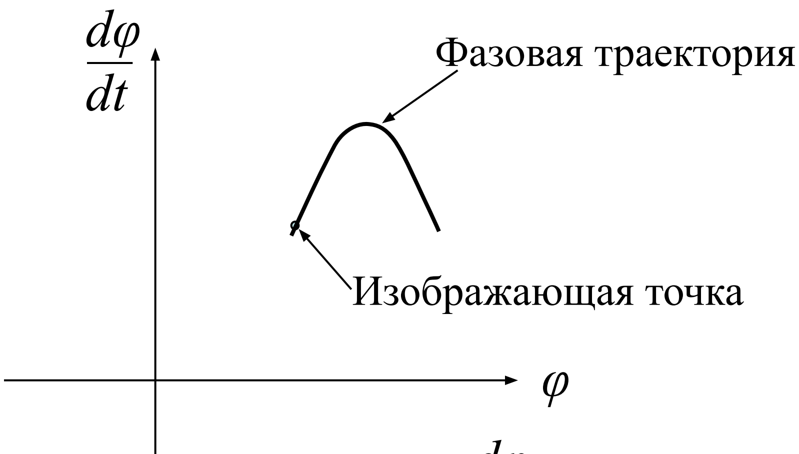
$\Omega_{н} = \omega_{вх} - \omega_{пг0}$ – начальная расстройка

$\Omega_{у} = K_{упт}K_{пг}U_{mфд}$ – полоса удержания $\qquad p\varphi = \Omega_{н} - \Omega_{у}\, K_{фнч}(p)\cos\varphi.$

При $K_{фнч}(p) = 1$ система ФАПЧ называется идеализированной.

Дифференциальное уравнение идеализированной ФАПЧ $\quad \dfrac{d\varphi}{dt} = \Omega_{н} - \Omega_{у}\cos\varphi.$

ФАЗОВЫЙ ПОРТРЕТ ИДЕАЛИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ФАПЧ

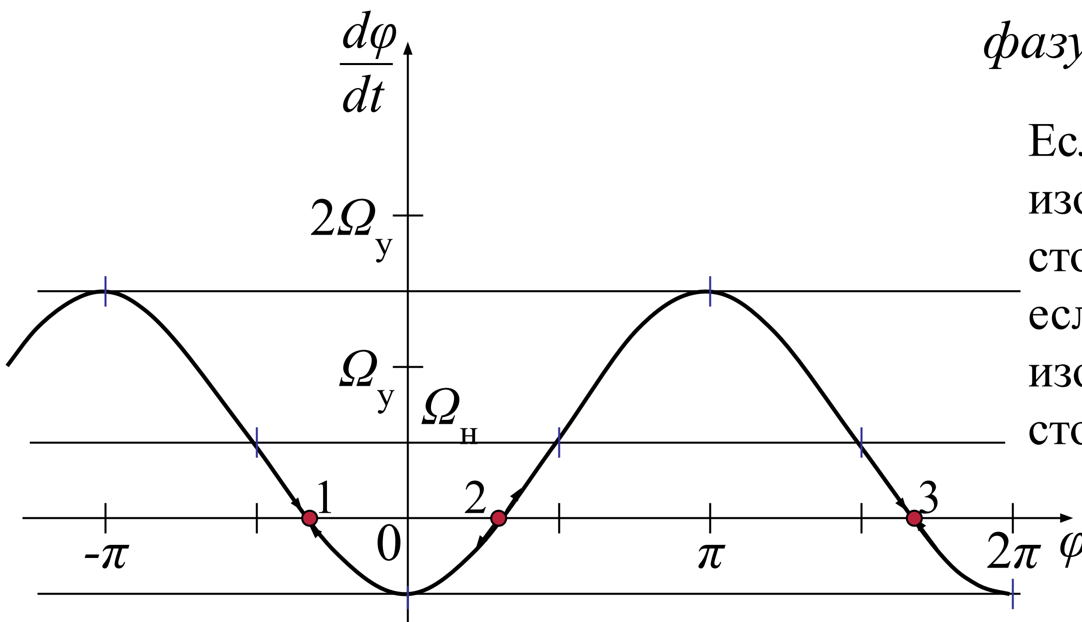


Дифференциальное уравнение идеализированной ФАПЧ

$$\frac{d\varphi}{dt} = \Omega_{н} - \Omega_{у}\cos\varphi.$$

Оно является и уравнением фазовых траекторий, только становится алгебраическим, связывающим независимую и зависимую переменные φ *и* $\frac{d\varphi}{dt}$ - *фазу и мгновенную частоту.*

Примем $\Omega_{н} = \Omega_{у}/2$ $\quad \frac{d\varphi}{dt} = \Omega_{у}/2 - \Omega_{у}\cos\varphi.$



Если $\frac{d\varphi}{dt} > 0$, $\varphi(t)$ возрастает, изображающая точка движется в сторону увеличения φ. И наоборот, если $\frac{d\varphi}{dt} < 0$, $\varphi(t)$ убывает и изображающая точка движется в сторону уменьшения φ.

1,3 – устойчивые особые точки

2 – неустойчивая особая точка

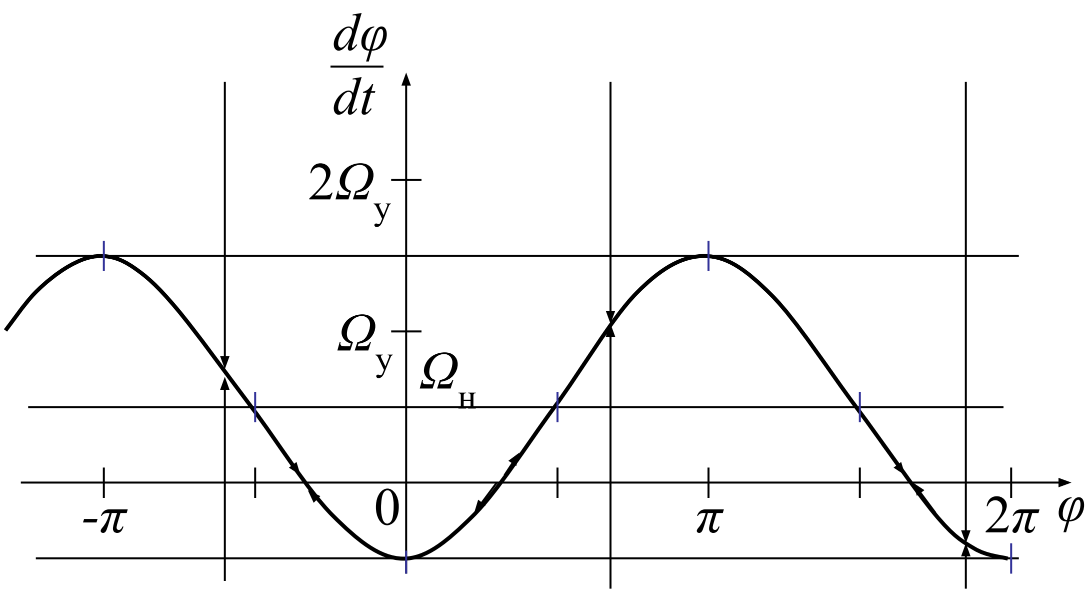
По фазовому портрету можно исследовать:

1) устойчивость системы,
2) статические характеристики,
3) переходные процессы.

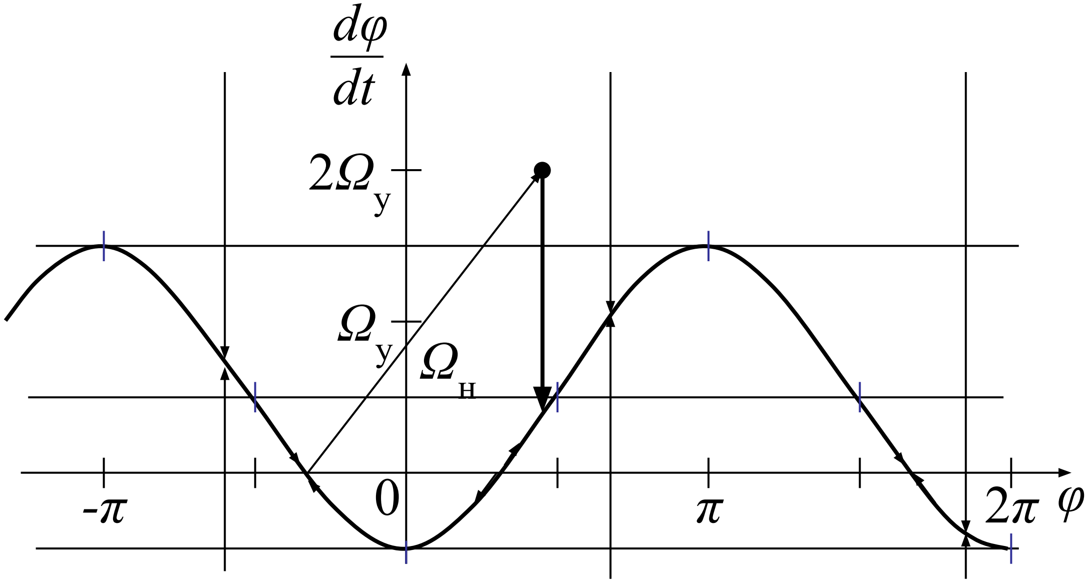
Для нелинейных систем определяют устойчивость «в малом» и устойчивость «в большом».

Нелинейная система устойчива «в малом», если в фазовом портрете существуют устойчивые особые точки.

Для определения устойчивости «в большом» нужно дополнить фазовый портрет траекториями движения изображающей точки из произвольного начального положения

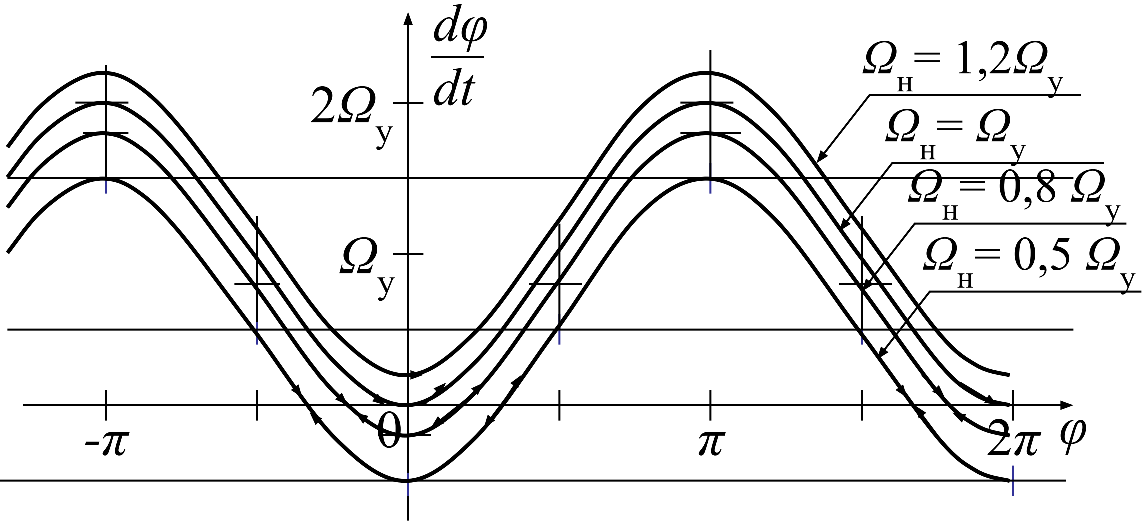


В идеализированной системе ФАПЧ частота перестраиваемого генератора изменяется мгновенно от любого начального значения до установившегося, которое определяется напряжением $U_{фд}$, то есть разностью фаз φ. Значит, изображающая точка из любого начального положения движется по вертикальной линии.



Идеализированная система ФАПЧ устойчива «в большом», так как изображающая точка при большом отклонении от устойчивого состояния возвращается в устойчивую особую точку.

Устойчивость системы ФАПЧ зависит от начальной расстройки



Идеализированная система ФАПЧ устойчива при $|\Omega_н| < \Omega_у$

Режим удержания $|\Omega_н| < \Omega_у$.

Режим биений $|\Omega_н| > \Omega_у$.

Режим захвата $|\Omega_н| = \Omega_у$