

# АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ. КРИТЕРИЙ НАЙКВИСТА

План лекций:

1. Понятие устойчивости
2. Критерий Найквиста

## Понятие устойчивости

Понятие об устойчивости линейных систем. Как указывалось выше, основным назначением АСР является поддержание заданного постоянного значения регулируемого параметра или изменение его по определенному закону. При отклонении в данный момент времени регулируемого параметра от заданного значения, что может произойти или в результате появления возмущающих воздействий на систему, или при изменении заданного значения регулируемой величины, автоматический регулятор воздействует на систему таким образом, чтобы ликвидировать это отклонение. В системе возникает переходный процесс, определяемый динамическими ее свойствами.

Если после окончания переходного процесса система снова приходит в первоначальное или другое равновесное состояние, то такую систему называют *устойчивой*.

Если при тех же условиях в системе или возникают колебания со все возрастающей амплитудой, или происходит монотонное увеличение отклонения регулируемой величины от ее заданного равновесного значения, *то систему называют неустойчивой*.

Частные критерии обносятся к графоаналитическим и позволяют сделать вывод об устойчивости систем по виду их частных характеристик. К таким критериям относятся: *критерий Михайлова и критерий Найквиста*.

## ***Критерий Найквиста***

Критерий применяется для оценки устойчивости САР, его преимуществом является то, что он дает количественные оценки устойчивости такие как запас устойчивости по модулю и по фазе, а так же позволяет связать исследования устойчивости с последующим анализом качества и выбором оптимальных настроечных параметров регулятора. Критерий позволяет оценить устойчивость замкнутой системы по анализу проведения АФХ разомкнутой системы. При этом необходимо располагать сведениями об устойчивости разомкнутой системы.

**Формулировка критерия для устойчивой разомкнутой системы:** САР, устойчивая в разомкнутом состоянии, будет устойчивой и в замкнутом состоянии, если годограф АФХ разомкнутой системы при изменении частоты от нуля до бесконечности не охватывает на комплексной плоскости критическую точку с координатами  $(-1; j0)$ . Если АФХ проходит через

критическую точку, замкнутая САР находится на границе устойчивости, если охватывает эту точку – замкнутая САР неустойчивая. Примеры годографов для всех трех случаев приведены на рисунке 4.3: 1 - замкнутая САР устойчивая; 2 - на границе устойчивости; 3 - неустойчивая.

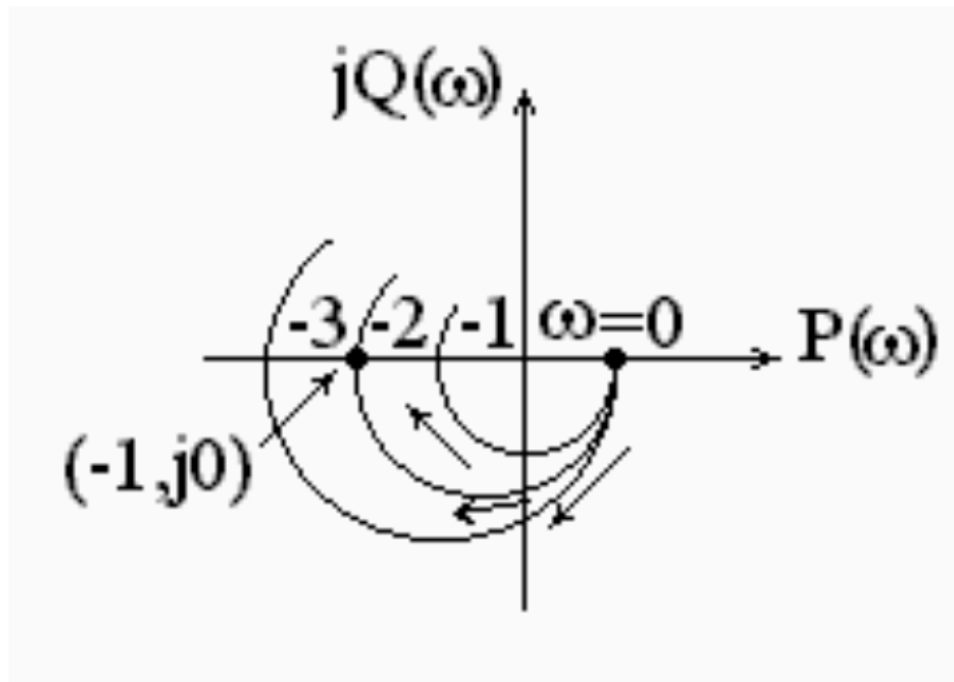
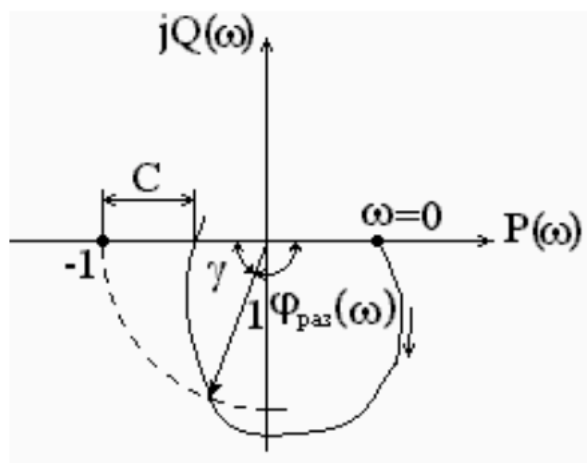


Рисунок 4.3

Для устойчивой системы по расположению годографа АФХ можно судить о так называемом запасе устойчивости. Чем дальше годограф АФХ разомкнутой системы проходит от точки  $(-1, j0)$ , тем больше этот запас. Характеризуется он двумя численными величинами: запасом устойчивости по модулю  $C$  и запасом устойчивости по фазе  $\gamma$  (рисунок 3.4).



**Запас устойчивости по модулю** определяется как расстояние от точки  $(-1, j0)$  до точки пересечения годографа АФХ разомкнутой системы с отрицательной вещественной полуосью. Величина  $C$  находится в пределах от 0 до 1. Запас устойчивости по модулю показывает в каких пределах можно увеличивать модуль АФХ разомкнутой системы, чтобы замкнутая система оставалась устойчивой.

**Запас устойчивости по фазе** – это угол между отрицательной вещественной полуосью и лучом, проведенным из начала координат в точку пересечения годографа АФХ разомкнутой системы с окружностью единичного радиуса. Запас устойчивости по фазе показывает в каких пределах возможно увеличение запаздывания по фазе в разомкнутой системе, чтобы замкнутая система оставалась устойчивой.

### **Порядок оценки устойчивости по критерию Найквиста:**

1. по исходному дифференциальному уравнению или структурной схеме САР находим передаточную функцию разомкнутой системы (прямой цепи);
2. делаем оценку устойчивости разомкнутой системы по любому удобному алгебраическому критерию;
3. находим и строим годограф АФХ разомкнутой системы в порядке
4. по расположению АФХ разомкнутой системы относительно точки  $(-1; j0)$  делаем вывод об устойчивости замкнутой САР;
5. по графику АФХ находим значение запаса устойчивости по модулю, как
6.  $C = 1 - P(\omega_i)$  ,  
где  $P(\omega_i)$  - значение вещественной составляющей в момент пересечения АФХ отрицательной вещественной полуоси при  $\omega_i$ ;
7. находим значение  $\gamma$