

Унифицированная методика применения критерия Найквиста

Горошко В.И.

Белорусский национальный технический университет

Для суждения об устойчивости замкнутой системы в рамках критерия Найквиста по виду АФЧХ необходимо дополнительно знать расположение корней характеристического уравнения разомкнутой системы относительно мнимой оси. Количество корней в правой полуплоскости можно установить в поле критерия Рауса, как количество отрицательных элементов первого столбца таблицы Рауса или подсчитав число перемен знака в последовательности отношений определителей Гурвица. Эту же задачу можно решить в среде критерия Михайлова. Для систем достаточно высокого порядка эти процедуры громоздки, поэтому целесообразнее их проводить не для разомкнутых систем, а непосредственно для замкнутых. Но в результате становится излишним применение критерия Найквиста.

Между тем небольшая модификация передаточной функции разомкнутой системы позволяет полностью устранить проблему количества «правых» корней для критерия Найквиста. Помимо этого, исключается разная интерпретация критерия Найквиста для трех случаев разомкнутых систем: система устойчива; система на границе устойчивости; система неустойчива.

Пусть передаточная функция разомкнутой системы имеет вид

$$W(p) = \frac{R(p)}{Q(p)} = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m}{c_0 p^n + c_1 p^{n-1} + \dots + c_n}, \quad m < n.$$

Характеристический полином замкнутой системы

$$D(p) = Q(p) + R(p) = a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n.$$

Если перемещать в $W(p)$ отдельные слагаемые из числителя в знаменатель или наоборот, то эти перемещения не изменят полином $D(p)$, то есть не повлияют на устойчивость/неустойчивость замкнутой системы.

Оставим в знаменателе функции $W(p)$ только старший член $c_0 p^n$, а все остальные члены перенесем в числитель

$$W_M(p) = (k_0 p^{n-1} + k_1 p^{n-2} + \dots + k_{n-1}) / c_0 p^n.$$

Полученная модифицированная передаточная функция допускает моделирование и соответствует астатической системе. Таким образом, эта процедура сводит все многообразие разомкнутых систем к системам одного типа, а именно к астатическим системам. Как показывает опыт, АФЧХ модифицированных систем геометрически проще, не содержат разрывов и для них вполне «прозрачен» критерий Найквиста.