**Абсолютная устойчивость вынужденного процесса в нелинейной системе**

В нелинейных системах в ряде случаев необходимо определить не только положение равновесия системы, но также и устойчивость определенных процессов, поскольку в общем случае устойчивость равновесия в нелинейной системе может и не совпа­дать с устойчивостью процесса [1,5,7].

Условие абсолютной устойчивости вынужденного процесса в нелинейной системе определяется выражением:

                                             .                     (3.1)

Путем соответствующей замены переменных в интеграле выра­жение (3.1) можно представить в виде:

                                       .                      (3.2)

Допустим, что существует вынужденный процесс и что в мо­мент *t=*0 к системе приложено исчезающее воздействие*f1(t).*Тогда*f1(t)*налагается на действовавшее ранее *f(t),*апроцесс *хв (t)*также получает вариацию *ξ(t)*:

                  .        (3.3)

Из уравнения (3.3), выражающего возмущенный процесс, вычтем уравнение (3.1) вынужденного процесса и получим урав­нение для отклонения:

                                         ,                    (3.4)

где                                          (3.5)

Учитывая (3.5) и (3.2), уравнение (3.4) представим в таком виде:

                                         .                       (3.6)

Это уравнение отличается от уравнения, для которого был выведен критерий устойчивости Попова [1,5,8], тем, что функция  теперь зави­сит явно от времени, поскольку нелинейный элемент обладает нестацио­нарной характеристикой.

В [5,6] доказано следующее условие: для того чтобы про­цесс в нелинейной системе, вызванный ограниченным внешним воз­действием, был абсолютно устойчив, достаточно, чтобы при за­данном значении *r* преобразованная линейная часть была устойчива и чтобы частотная характеристика линейной части  удовлетво­ряла условию:

                                         ;   ,                    (3.7)

а производная нелинейной характеристики  принадлежала бы полосе**, т. е.

                                                                                         (3.8)

где  - сколь угодно малая положительная величина.

В случае, если линейная часть (непреобразованная) устой­чива, полагаем  и получаем *Ф(х)*

                                      

или                                                 

Геометрически это означает, что характеристика разомкнутой линеаризованной системы , которая получается из исход­ной нелинейной системы в результате замены нелинейного эле­мента линейным с коэффициентом передачи *К,* должна лежать правее прямой , или же характеристика  должна лежать правее прямой,             (см. рисунок 3.1, *а*). При этом характеристики нелинейного элемента должны удовлетворять условиям:

                                                                         (3.9)

т. е. характеристика должна лежать в секторе *(01,К1)* новой системы   координат (см. рисунок 3.1, *б*). Очевидно, наклон *01К1* равен наклону *ОК,*если выполняется условие .



Рисунок 3.1 - Характеристика разомкнутой линеаризованной системы

В общем случае, когда разомкнутая линейная система неустой­чива или нейтральна и *r*отлично от нуля, имеем:

                                                                                (3.10)

где .

Пусть *.*Тогда, заменяя неравенство (3.10) равенством, получаем уравнение границы области, внутрь кото­рой не должна входить характеристика :



что можно привести к виду:

                                                                             (3.11)

Уравнение (3.11) определяет семейство окружностей, центр которых лежит на отрицательной вещественной полуоси и которые имеют общую точку касания .

Теперь можно дать следующую геометрическую интерпрета­цию критерию абсолютной устойчивости процессов в общем слу­чае: для того чтобы процессы в нелинейной системе при ограниченных воздействиях были абсолютно устойчивы достаточно, чтобы производная от характеристики нелинейного элемента  принадлежала полосе , где   сколь угодно малая положительная величина и чтобы частотная характеристика линеаризованной разомкнутой системы , удовлетворяя частотному критерию Найквиста, находилась вне соответствую­щей точке  *А* окружности (см. рисунок 3.2, *а*), или же чтобы характеристика  лежала вне окружности, пересекающей ось абсцисс в точках  и              (см. рисунок 3.2, *б*).

**

Рисунок 3.2 - Геометрическая интерпрета­ция критерия абсолютной устойчивости процессов в нелинейной системе