ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА им. С. М. КИРОВА

Том 294 1976

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ДВУМЕРНЫХ РЕЛЕЙНО-ИМПУЛЬСНЫХ СИСТЕМАХ

В. Н. ЧУДИНОВ

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры автоматики и телемеханики)

В [1] рассматривались вопросы определения периодических режимов при многоканальном релейном регулировании для случая, когда регулируемые объекты характеризуются только одной регулируемой величиной. Однако в промышленной практике существует множество объектов, характеризуемых двумя и более регулируемыми параметрами. При применении многоканальных регуляторов, различного рода управляющих машин для целей регулирования объектов с несколькими регулируемыми параметрами, информация о процессах имеет дискретный характер. Многоканальные регуляторы, реализующие простейший закон управления, например, позиционный и многомерные объекты управления образуют многомерные нелинейные дискретные регулируемые системы. Трудности исследования таких систем резко возрастают по сравнению с линейными многомерными системами. Однако иногда, учитывая специфику связей между отдельными каналами, многомерные и, в частности, двумерные нелинейные дискретные системы могут быть исследованы обычными методами, принятыми в теории одномерных систем.

Покажем возможность распространения метода гармонического баланса на двумерные релейно-импульсные системы на примере определения периодических режимов в канале управления системы централизованного контроля и регулирования двумерными объектами. В этом случае эквивалентная структурная схема канала управления может быть сведена к двумерной релейной импульсной системе рис. 1.

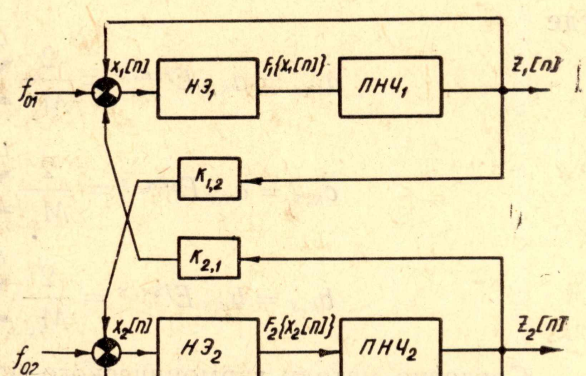

Рис. 1.

Для упрощения исследования целесообразно разделение двумерной системы рис. 1 на две элементарные подсистемы рис. 2. Такое разделение тем более необходимо, так как позволяет выявить взаимное влияние одной подсистемы на другую. При этом мера введения отдельной элементарной подсистемы во взаимосвязанную двумерную систему определяется обратными, естественными перекрестными связями, имеющими передаточные функции $\kappa_{1,2}$ и $\kappa_{2,1}$. Таким образом, дальнейшее исследование сводится к анализу двух одномерных релейно-импульсных систем и последующего сопоставления результатов. Принимая во внимание, что выполняются все требования применимости метода гармонического баланса, каждая элементарная система рис. 2 а может быть проанализирована как одномерная, на вход которой воздействует синусоидальный сигнал $Z'[n]$ в общем случае произвольной амплитуды и фазы рис. 3.

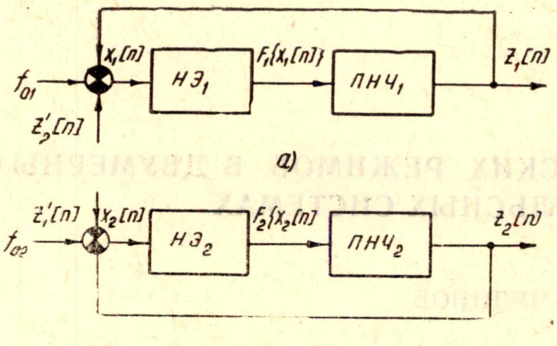

Рис. 2.

Вопросы исследования свойств некоторых видов вынужденных колебаний в одномерных релейно-импульсных системах рассматривались ранее в [2]. В [1] приведено определение автоколебаний графически при помощи построения критических областей периодических решений в комплексной плоскости. Покажем, как меняется геометрия критических областей, если структурная схема имеет вид, представленный на рис. 3. В этом случае система уравнений, определяющих комплексные амплитуды искомого периодического режима, может быть представлена в следующем виде:

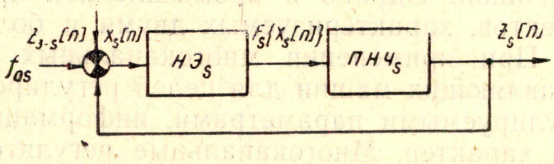

Рис. 3.

$$\dot a_{\kappa,s} = \dot c_{\kappa,\,3-s} - \dot b_{\kappa,s}\, W^*_s, \quad \left(\begin{matrix}\kappa = 0,\,1,\,2\,\ldots\,L\\ s = 1,\,2.\end{matrix}\right), \tag{1}$$

где

$$\dot a_{\kappa,s} = a_{\kappa,s}\, E^{j\varphi\kappa,\,s} = \frac{2}{M_s}\sum_{\nu=0}^{L_s} \chi_s[\nu]\, E^{-j\kappa\frac{2\pi}{M_s}\nu}, \tag{2}$$

$$\dot c_{\kappa,s} = c_{\kappa,s}\, E^{j\Theta\kappa,\,s} = \frac{2}{M_s}\sum_{\nu=0}^{L_s} Z'_s[\nu]\, E^{-j\kappa\frac{2\pi}{M_s}\nu}, \tag{3}$$

$$\dot b_{\kappa,s} = b_{\kappa,s}\, E^{j\psi\kappa,\,s} = \frac{2}{M_s}\sum_{\nu=0}^{L_s} F_s\{\chi_s[\nu]\}\, E^{-j\kappa\frac{2\pi}{M_s}\nu}. \tag{4}$$

Согласно методу гармонического баланса, положив $f_{0,1} = f_{0,2} = 0{,}5$, система уравнений (1) может быть приведена к виду:

$$W^*_s = N^*_s - \frac{\dot c_{1,\,3-s}}{\dot a_{1,\,s}}\, N^*_s. \tag{5}$$

Пренебрегая взаимовлиянием каналов, т. е. полагая $Z'_s \equiv 0$, получим ранее полученный результат [1].

Отличие состоит в том, что в данном случае область существования периодических режимов определяется векторной суммой функции N^*_s и $[\dot c_{1,\,3-s}/\dot a_{1,s}]\cdot N^*_s$.

Таким образом, показано, что учет взаимовлияния каналов равносилен добавлению векторной величины $-[\dot{c}_{1,\,3-s}/\dot{a}_{1,s}]\cdot N_s^*$ к критической области N_s^*, отвечающей случаю автономной работы каналов $[Z_s' \equiv 0]$.

В вычислительном аспекте проще уравнение (5) привести к виду

$$N_s^* = \frac{\dot{a}_{1,\,s}}{\dot{a}_{1,\,s} - \dot{c}_{1,\,3-s}} W_s^*. \tag{6}$$

При этом геометрия областей существования периодических режимов, определенных в [1], не меняется. Вектор же характеристики W_s^* в зависимости от взаимовлияния каналов, определяемого величинами $\kappa_{1,2}$ и $\kappa_{2,1}$, в каждом конкретном случае корректируется вектором смещения

$$\dot{\eta}_s = \frac{\dot{a}_{1,\,s}}{\dot{a}_{1,\,s} - \dot{c}_{1,\,3-s}}.$$

Процедура определения периодического режима в двумерной релейно-импульсной системе в общих чертах состоит в следующем.

1. Предполагается, что взаимовлиянием каналов можно пренебречь, т. е. $\kappa_{1,2} = \kappa_{2,1} = 0$. Ранее описанным способом [1] определяется периодический режим $Z_s[n]$ в каждой элементарной подсистеме.

2. Замыкается одна из перекрестных связей. Определяется смещающий вектор $\dot{h}_9$ и проверяется взаимное расположение критической области, например, N_2^* и вектора $\dot{\eta}_{1,2} \cdot W_2^*$. Если конец вектора $\dot{\eta}_{1,2} \cdot W_2^*$ остается в прежней подобласти (п. 1), то делается вывод об автономности второго канала для данного $\kappa_{1,2}$. Если же вектор $\eta_{1,2}$ переводит вектор W_2^* в другую подобласть, то определяется периодический режим $Z_2[n]$, соответствующий данной подобласти N_2^*.

3. Замыкается оставшаяся перекрестная связь. Определяется вектор смещения $\dot{\eta}'_{2,1}$. Проверяется взаимное расположение критической области N_1^* и вектора $\dot{\eta}_{2,1} \cdot W_1^*$. Если при этом окажется, что взаимное расположение области N_1^* и вектора $\eta_{2,1} \cdot W_1^*$ сохраняется (п. 1), то делается вывод о возможности установления в двумерной системе периодического режима, определенного п. 1 и 2. В противном случае периодический режим данного вида в двумерной системе не может существовать. После чего процесс установления периодического режима продолжается для новых $Z_s\ [n]$.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Чудинов, В. М. Рикконен. К определению эквивалентного комплексного коэффициента усиления несимметричного релейно-импульсного элемента. Доклады III научно-технической конференции, Новокузнецк, 1971.

2. Я. З. Цыпкин. Периодические режимы в нелинейных импульсных автоматических системах. Труды Ташкентского политехнического института, вып. 20, 1962.

3. В. С. Куо. Вынужденные колебания и подавление колебаний в нелинейных импульсных системах. Механика, № 2, 1968.