

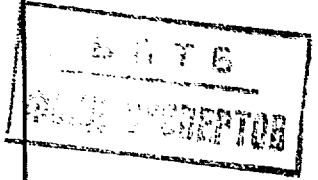


Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 648950



(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 02.04.76 (21) 2343136/18-24

(51) М. Кл.<sup>2</sup>  
G 05 B 23/00

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 25.02.79 Бюллетень № 7

(53) УДК 62-50  
(088.8)

Дата опубликования описания 28.02.79

(72) Авторы  
изобретения

В. А. Вишняков, Г. В. Римский и В. В. Таборовец

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

### (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

1

Предлагаемое изобретение относится к области вычислительной техники и систем управления и предназначено для исследования устойчивости процесса нелинейных систем и отыскания параметров системы, при которых она будет устойчива.

Известны устройства, предназначенные для построения корневых траекторий, построенные на элементах аналоговой техники и электро-механических элементах. Недостатками данных устройств являются невысокая точность, малое быстродействие, ограниченные функциональные возможности [1], [2].

Эти недостатки устранены в устройстве, которое является ближайшим по техническому решению к предлагаемому. Оно содержит блок управления, первый, второй, третий и четвертый выходы которого соединены соответственно с первыми входами арифметического блока, блока постоянной памяти, блока оперативной памяти и блока вычисления координат,

2

первый, второй, третий входы блока управления соединены соответственно с шиной запуска, первыми выходами арифметического блока и блока вычисления координат, второй, третий и четвертый выходы арифметического блока соединены с вторыми входами блока постоянной памяти, блока оперативной памяти и блока вычисления координат, выход блока постоянной памяти соединен с третьим входом блока оперативной памяти, второй выход которого соединен с третьим входом блока вычисления координат, третий и четвертый выходы которого через соответствующие преобразователи кода в напряжение соединены с отклоняющими пластинами электроннолучевой трубки [3].

20

Недостатком данного устройства является исследование только линейных систем и невозможность нахождения параметров нелинейных систем, при которых она будет устойчивой.

Целью предлагаемого изобретения является расширение области применения устройства.

Сущность изобретения заключается в том, что устройство содержит блок сравнения, первый и второй регистры кодов границ нелинейности и регистр кода изменяемого параметра, первый и второй входы блока сравнения соединены соответственно с пятым выходом блока управления и выходом первого преобразователя кода в напряжение, а его выход соединен с четвертым входом блока управления, входы регистров кода границ нелинейности соединены с шестым и седьмым выходами блока управления, а их выходы с четвертым и пятым входами блока вычисления координат, выход регистра кода изменяемого параметра соединен с пятым входом блока управления.

Структурная схема устройства приведена на чертеже; блок управления 1 соединен с шиной запуска 2, с арифметическим блоком 3, с блоком постоянной памяти 4 и блоком оперативной памяти 5, с блоком вычисления координат 6, с первым и вторым регистрами кодов границ нелинейности 7, 8, с блоком сравнения 9, с регистром кода изменяемого параметра 10. Арифметический блок 3 соединен с блоком постоянной памяти 4, блоком оперативной памяти 5 и блоком вычисления координат 6. Блок оперативной памяти 5 соединен с блоком постоянной памяти 4 и блоком вычисления координат 6, который соединен с первым и вторым регистрами кода границ нелинейности 7, 8 и через преобразователи кода в напряжение 11, 12 с электроннолучевой трубкой 13 и блоком сравнения 9.

В основу работы устройства положен следующий алгоритм. Нелинейная система с расположением нелинейности в секторе  $[\alpha, \beta]$  ( $\alpha, \beta$  - границы нелинейности) и передаточной характеристикой линейной части  $W(p)$  при наличии входного сигнала  $f(t)$  будет устойчива в том случае, если корневой годограф кругового образа линейной части системы будет расположен в левой полуплоскости комплексной плоскости  $p$ , т.е. не пересекает мнимой оси  $j\omega$ . На основании фазового и амплитудного критериев Стрелкова-Эванса выведен геометрический критерий принадлежности точки комплексной

плоскости корневому годографу кругового образа, который имеет вид:

$$\rho = \frac{U \sin \gamma}{\sin \gamma + \alpha \operatorname{arctg} \frac{\beta \sin \gamma}{\rho}} \quad (1)$$

где  $U$  и  $\gamma$  определяются из амплитудного и фазового критериев Стрелкова-Эванса

$$\frac{\prod_{i=1}^n \sqrt{\Delta \omega_i^2 + \Delta \delta_i^2}}{\prod_{j=1}^m \sqrt{\Delta \omega_j^2 + \Delta \delta_j^2}} = U \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \alpha \operatorname{arctg} \frac{\Delta \omega_i}{\Delta \delta_i} - \sum_{j=1}^m \alpha \operatorname{arctg} \frac{\Delta \omega_j}{\Delta \delta_j} = \gamma, \quad (3)$$

где  $\Delta \omega_i, \Delta \delta_i, \Delta \omega_j, \Delta \delta_j$  - разности ординат и абсцисс исследуемой точки плоскости и ординат, абсцисс полюсов и нулей соответственно, передаточной функции системы управления. Значения  $\rho$  и  $\beta$  определяются через значения границ нелинейности  $\alpha$  и  $\beta$ .

Таким образом, нелинейная система при наличии входного сигнала будет исследоваться следующим образом. Точки комплексной плоскости, начиная из полюсов системы, по уравнению (1) будут исследоваться на принадлежность корневому годографу кругового образа. Если при этом координата точки будет принадлежать оси  $j\omega$ , то система неустойчива. Для нахождения параметров устойчивой системы можно изменять границы нелинейности  $[\alpha, \beta]$  или варьируемые полюса и нули передаточной функции линейной части системы.

Перед началом работы устройства в блоке постоянной памяти 4 записаны  $\alpha \operatorname{arctg}$  углов, в блоке оперативной памяти координаты полюсов и нулей, в регистрах кода границ нелинейности 7, 8  $\alpha$  и  $\beta$ . По сигналу "запуск" блок управления 1 вырабатывает сигналы для чтения координаты первого полюса  $\omega_1, \delta_1$ , которые из блока определения памяти 5 поступают в блок вычисления координат 6. Начинается слежение вокруг этой точки. Для этого исследуется окрестность полюса, начиная с точки  $\delta_m + \Delta \delta, \omega + \Delta \omega$ , а затем в цикле вычисляются значения  $\delta_1 \pm \Delta \delta$  и  $\omega_1 \pm \Delta \omega$ . По формуле (3) вычисляются значения  $\gamma$ , для чего в арифметическом блоке 3 находятся значения  $\Delta \omega / \Delta \delta$ , из блока постоянной памяти 4 читаются значения  $\alpha \operatorname{arctg} \frac{\Delta \omega}{\Delta \delta}$  и происходит суммирование в арифмети-

ческом блоке 3. Значение  $\gamma$  хранится в блоке оперативной памяти 5. Затем вычисляется значение  $U$  по формуле (2), для чего в цикле происходит умножение, сложение, извлечение корня и умножение для вычисления произведений вида

$$\prod_{i=1}^n \sqrt{\Delta \omega_i^2 + \Delta \delta_i^2} \quad \text{и} \quad \prod_{j=1}^m \sqrt{\Delta \omega_j^2 + \Delta \delta_j^2}.$$

Значения  $\alpha$  и  $\beta$  пересылаются в арифметический блок 3, затем в блоке вычисления координат 6 определяются значения  $\rho$  и  $\beta$  и записываются в блок оперативной памяти 5. В арифметическом блоке 3 реализуется вычисление уравнения (1) и сравниваются левая и правая часть в блоке вычисления координат 6. Если они равны, координаты исследуемой точки передаются на экран электронно-лучевой трубки 13, а абсцисса в блок сравнения 9. Если абсцисса равна нулю, то блок сравнения 9 посылает сигнал в блок управления 1. В регистре кода изменяемого параметра 10 хранится код параметра, который можно варьировать. Происходит чтение кода варьируемого параметра из блока оперативной памяти 5 в арифметический блок 3, если это плюс или нуль, или из регистра кода границ нелинейности 7(8) (из РКГН), если это  $\alpha$  или  $\beta$ . В арифметическом блоке 3 происходит изменение параметра.

Если при построении ветвей корневого годографа первая ветвь не пересекла ось  $j\omega$ , то происходит построение второй ветви, и т.д. В случае, если ни одна ветвь не пересекла мнимую ось, параметры линейной части при расположении нелинейности в заданных границах (старых или измененных) такие, что нелинейная система устойчива при наличии входного сигнала, т.е. говорят об устойчивости процессов нелинейной системы. Если при данном варьируемом параметре нелинейная система автоматического управления неустойчива, надо изменить код параметра в регистре кода изменяемого параметра 10. После построения корневого годографа устойчивой нелинейной системы автоматического управления последний выдается на экране электронно-лучевой трубки 13.

При исследованиях линейных систем ветви корневого годографа строятся по уравнению (3).

Эффект от использования данного устройства заключается в том, что исследуются на устойчивость не только линейные

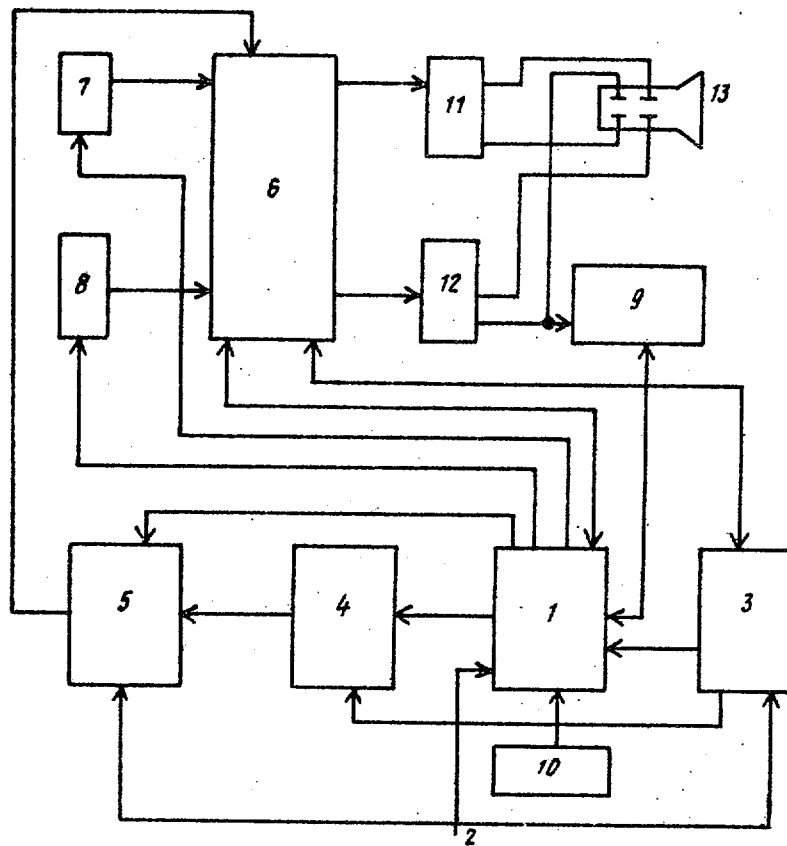
системы, но и нелинейные. Кроме того, находятся параметры нелинейных систем, при которых они будут устойчивы.

#### Ф о р м у л а и з о б р е ж е н и я

Устройство для определения устойчивости систем управления, содержащее блок управления, первый, второй, третий и четвертый выходы которого соединены соответственно с первыми входами арифметического блока, блока постоянной памяти, блока оперативной памяти и блока вычисления координат, первый, второй, третий входы блока управления соединены соответственно с шиной запуска, первыми выходами арифметического блока и блока вычисления координат, второй, третий и четвертый выходы арифметического блока соединены с вторыми входами блока постоянной памяти, блока оперативной памяти и блока вычисления координат, выход блока постоянной памяти соединен с третьим входом блока оперативной памяти, второй выход которого соединен с третьим входом блока вычисления координат, третий и четвертый выходы которого через соответствующие преобразователи кода в напряжение соединены с отклоняющими пластинами электронно-лучевой трубки, о т л и ч а ю щ е е с я тем, что, с целью расширения области применения, устройство содержит блок сравнения, первый и второй регистры кодов границ нелинейности и регистр кода изменяемого параметра, первый и второй входы блока сравнения соединены соответственно с пятым выходом блока управления и выходом первого преобразователя кода в напряжение, а его выход соединен с четвертым входом блока управления, входы регистров кода границ нелинейности соединены с шестым и седьмым выходами блока управления, а их выходы — с четвертым и пятым входами блока вычисления координат, выход регистра кода изменяемого параметра соединен с пятым входом блока управления.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 169898, кл. G 05 B 23/00, 1963.
2. Авторское свидетельство СССР № 275545, кл. G 06 F 15/06, G 06 F 15/20, 1970.
3. Авторское свидетельство СССР № 408313, кл. G 06 F 15/31, 1973.



Составитель А. Лашев

Редактор Н. Веселкина    Техред М. Борисова    Корректор С. Шекмар

Заказ 556/44

Тираж 1014

Подписное

ЦНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4