



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 811270

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 28.02.79 (21) 2732031/18-24

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

(43) Опубликовано 07.03.81. Бюллетень № 9

(45) Дата опубликования описания 07.03.81

(51) М. Кл.<sup>3</sup>  
G 06F 15/20

(53) УДК 681.14  
(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

В. А. Вишняков и В. В. Таборовец

(71) Заявитель

Минский радиотехнический институт

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ АБСОЛЮТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

1

Изобретение относится к вычислительной технике и системам управления и предназначено для построения областей устойчивости линейных систем и областей абсолютной устойчивости нелинейных систем.

Известны устройства, предназначенные для исследования устойчивости линейных систем, реализованных на электромеханических элементах и элементах аналоговой техники [1] и [2].

Недостатками этих устройств является малое быстродействие, невысокая точность, ограниченные функциональные возможности.

Известно устройство, содержащее блок управления, арифметический блок, оперативную и постоянную память, схему сравнения, электронно-лучевую трубку [3]. Однако с помощью этого устройства возможно исследование устойчивости лишь линейных систем и невозможно исследование абсолютной устойчивости нелинейных систем. Наиболее близким к изобретению техническим решением является устройство, содержащее электронно-лучевую трубку, устройство управления, первый, второй, третий выходы которого соединены соответственно с первыми входами арифметического блока, блока оперативной памяти и первого блока регистров, первый, второй и третий входы

2

блока управления соединены соответственно с управляющим входом устройства, первым выходом арифметического блока и выходом блока сравнения, второй и третий выходы арифметического блока соединены соответственно с вторыми входами блоков оперативной памяти и сравнения, первый выход блока оперативной памяти соединен с вторым входом арифметического блока, первый вход блока сравнения соединен с вторым выходом первого блока регистров, первый выход которого подключен к третьему входу арифметического блока [4].

Погрешность этого устройства заключается в невозможности определения области абсолютной устойчивости нелинейных систем в пространстве варьируемых параметров.

Целью изобретения является расширение функциональных возможностей за счет нахождения областей абсолютной устойчивости нелинейных систем.

Для этого в устройстве, содержащее электронно-лучевую трубку, блок микропрограммного управления, первый, второй, третий выходы которого соединены соответственно с первыми входами арифметического блока, блока оперативной памяти и регистров первой группы, первый вход блока микропрограммного управления являет-

ся входом запуска устройства, второй и третий входы блока микропрограммного управления соединены соответственно с первым выходом арифметического блока и выходом блока сравнения, второй и третий входы арифметического блока соединены соответственно с вторым входом блока оперативной памяти и первым входом блока сравнения, первый выход блока оперативной памяти соединен с вторым входом арифметического блока, второй вход блока сравнения соединен с вторыми входами регистров первой группы, первые выходы которых подключены к третьему входу арифметического блока, введенным блоком ввода, вторая группа регистров, группа счетчиков, выходной регистр, причем четвертый, пятый, шестой и седьмой выходы блока микропрограммного управления соединены с первыми входами соответственно блока ввода, регистров второй группы, группы счетчиков и выходного регистра, первый и второй выходы блока ввода соединены соответственно с вторыми входами регистров первой группы и третьим входом блока оперативной памяти, второй и третий выходы которого подключены соответственно ко вторым входам группы счетчиков и третьему входу выходного регистра, а выходы группы счетчиков соединены с третьим входом блока сравнения, выходы регистров второй группы подключены к четвертому входу арифметического блока, четвертый и пятый выходы которого соединены соответственно с вторыми входами регистров второй группы и выходного регистра, выход которого подключен к электронно-лучевой трубке, а второй вход блока ввода является информационным входом устройства.

Структурная схема устройства приведена на чертеже.

Устройство содержит блок микропрограммного управления 1, арифметический блок 2, блок оперативной памяти 3, первую группу регистров 4, блок ввода 5, вторую группу регистров 6, группу счетчиков 7, блок сравнения 8, выходной регистр 9, электронно-лучевую трубку 10.

Основные функции, выполняемые вновь введенными основными структурными элементами, следующие: блок ввода 5 осуществляет ввод коэффициентов передаточной функции системы управления, в качестве него можно использовать клавишное устройство ввода; вторая группа регистров 6 хранит промежуточные коэффициенты алгебраического уравнения; группа счетчиков 7 осуществляет циклические вычислительные процессы, хранит переменные; выходной регистр 9 осуществляет выдачу коэффициентов передаточной функции, при которой величина системы устойчива.

Входы и выходы блока имеют следующее функциональное назначение: первый вход подключен к управляющему входу

всего устройства для запуска, второй вход подключен к выходу арифметического блока 2 для сигнализации об окончании очередной арифметической операции, третий вход подключен к выходу блока сравнения 8 для сигнализации о равенстве сравниваемых значений; первый выход блока подключен к арифметическому блоку 2 для его запуска на выполнение арифметической операции; второй выход подключен к блоку оперативной памяти 3 для чтения или записи информации; третий выход подключен к регистрам 4 для приема информации из блока ввода 5 или выдачи ее в блок сравнения 8 или арифметический блок 2; четвертый выход блока 1 соединен с блоком ввода 5 для его запуска; пятый выход блока 1 соединен с группой регистров 6 для синхронизации приема информации из арифметического блока 2 или выдачи ее в арифметический блок 2; шестой выход блока 1 соединен с управляющим входом группы счетчиков 7 для изменения переменных, хранившихся в нем; седьмой выход блока 1 подключен к входу выходного регистра 9 для синхронизации выдачи информации на экран ЭЛТ.

Входы и выходы арифметического блока 2 имеют следующее функциональное назначение: первый вход подключен к блоку 1 для запуска на выполнение арифметической операции, второй, третий и четвертый входы арифметического блока 2 соединены с выходами блока оперативной памяти 3, группами регистров 4 и 6 для приема информации из этих блоков. Первый выход арифметического блока 2 подключен к блоку 1 для сигнализации о завершении операции; второй, третий, четвертый, пятый выходы арифметического блока соединены соответственно с блоком оперативной памяти 3, блоком сравнения 8, группой регистров 6, выходным регистром 9 для выдачи информации из этих блоков.

Функциональное назначение входов и выходов блока оперативной памяти 3 следующее: первый вход соединен с блоком 1 для синхронизации записи или чтения, второй и третий входы блока оперативной памяти 3 подключены к арифметическому блоку 2 и блоку ввода 5 для приема информации, первый, второй, третий выходы блока оперативной памяти 3 подключены к арифметическому блоку 2, группе счетчиков 7, выходному регистру 9 для выдачи информации.

Функциональное назначение входов и выходов группы счетчиков 7 следующее: первый вход соединен с блоком 1 для изменения переменных, хранившихся в блоке, второй вход соединен с блоком оперативной памяти 3 для принятия информации; выход группы счетчиков 7 подключен к блоку сравнения 8 для выдачи одной из переменных.

В качестве блока микропрограммного управления 1 используется микропрограммный автомат с переменным тактом. Арифметический блок 2 выполняется по классической схеме, содержит местное устройство управления, сумматор и два регистра, блок оперативной памяти 3 выполняется в интегральном исполнении. Группа регистров 4, группа регистров 6, группа счетчиков 7, блок сравнения 8 выполняется на интегральных элементах серии К155 средней интеграции.

В качестве блока ввода 5 используется клавишное устройство ввода. В качестве ЭЛТ 10 используется цифровая трубка.

В основу работы устройства положен следующий алгоритм. Пусть передаточная функция линейной части нелинейной системы имеет вид

$$W(P) = \frac{b_{m+1}P^m + \dots + b_1}{a_{n+1}P^n + a_nP^{n-1} + \dots + a_1} \quad (1)$$

а нелинейность заключена в угле [0; K].

Для исследования абсолютной устойчивости нелинейных систем используется уравнение канонического голографа секущей прямой (КГСР) и критерием является расположение всех ветвей КГСР в левой полуплоскости. При  $\delta=0$  уравнение КГСР имеет вид

$$f(\omega) = \sum_{j=1}^n (-1)^{j-1} \omega^{n-j-1} [a_{2j-1} a_{2j-2j+1} - a_{2j} a_{2j-2j} + K(a_{2j-1} b_{2j-2j+1} - a_{2j} b_{2j-2j}) + K_c(a_{2j-1} b_{2j-2j} - 2j - a_{2j} b_{2j-2j+1})] \quad (2)$$

где  $a_i, b_i$  — коэффициенты числителя и знаменателя (1),  $K$  — действительное число. Выявление (2) можно переписать в виде

$$M = A_n \omega^n + A_{n-1} \omega^{n-2} + \dots + A_1 \quad (3)$$

где

$$A_i = \varphi(a_1, a_2, \dots, a_{n+1}; b_1, b_2, \dots, b_{n+1}, K, \varphi).$$

Условие абсолютной устойчивости удовлетворяет отсутствие действительных корней в выражении (3). Для этого необходимо, чтобы число перемен знака в ряду, составленном из коэффициентов при степенях полинома ряда

$$f_1(\omega) = Q(\omega); \quad f_2(\omega) = Q'(\omega); \quad f_3(\omega), \dots, f_{r-1}(\omega), \quad (4)$$

было равно степени уравнения (3), деленной на два. Полином имеет вид:

$$Q(\omega) = (-1)^l A_n \omega^l + (-1)^{l-1} A_{n-1} \omega^{l-2} + \dots + A_0 \omega^0 + A_1 \quad (5)$$

где  $l=r/2$

функции  $f_1(\omega), f_2(\omega), \dots, f_{r-1}(\omega)$  вычисляются по алгоритму Евклида:

$$f_{i+1}(\omega) = \frac{D_i}{D_{i-1}} \omega f_i(\omega) - f_{i-1}(\omega), \quad (6)$$

где  $D_1, D_2$  — коэффициенты при старших степенях полиномов  $f_{i-1}(\omega)$  и  $f_i(\omega)$  соответственно.

Для получения коэффициента  $A_i$  по выражению (2) необходимо по коэффициентам  $a_i$  и  $b_i$  выражения (1); организовать два цикла, один внутренний для вычисления  $A_i$  ( $\mu$  — постоянное) и внешний — для вычисления всех  $A_i$  ( $\mu$  — переменное).

Для исследования абсолютной устойчивости в пространстве варьируемых параметров необходимо иметь максимальные, минимальные значения варьируемых параметров и шаг их изменения. Затем первому коэффициенту надо присвоить максимальное значение, вычислить коэффициенты ряда 3, сформировать ряд (4), определить число перемен знака в нем; если оно равно  $r/2$ , то при данных значениях варьируемых параметров система абсолютно устойчива, если неравно  $r/2$ , то неустойчива. Затем, изменяя каждый параметр от максимального значения до минимального с соответствующим шагом, выводить текущие значения параметров, при которых система оказалась абсолютно устойчива.

Перед началом работы устройства в первую группу регистров 4 записываются максимальные, минимальные значения варьируемых параметров и шаг их изменения, в блок оперативной памяти заносится 3 степени  $m, n$ , угол  $K$ .

По сигналу запуска блок 1 вырабатывает сигналы для переноса всех максимальных значений параметров  $\varphi_i$ ;  $i = \overline{1, N}$ , из группы регистров 4 в блок оперативной памяти 3, при этом в группу счетчиков 7 заносится  $N$ . Затем  $\varphi_{max}$  заносится в выходной регистр 9, в группу счетчиков 7 заносится  $n, n=0, i=0$  и начинается вычисление коэффициентов выражения (3); во внутреннем цикле по значению счетчика  $i$  вычисляется  $A_i$ , во внешнем цикле по счетчику и вычисляются все коэффициенты  $A_i$ ;

$i = \overline{1, n}$ . Очередной коэффициент  $A_i$  заносится в группу регистров 6. После вычисления  $A_i$  в группу счетчиков 7 заносится значение  $r=2(n-1)$  и слова значение  $n$ . По коэффициентам  $A_i$  сначала вычисляются коэффициенты  $B_j = A_i (-1)^{i-1}$  в цикле (цикл ограничивается по углу счетчика  $n$  в группе счетчиков 7, который пополняется блоком сравнения 8), затем  $C_i = 2B_{i+1}$ ,  $i = \overline{1, n}$  в группу счетчиков 7 заносится значение счетчика  $l=r+1$  и нулевое значение счетчика  $K$ .

Определяется знак  $1/C_l - S_l$ ,  $2/d = B_l/C_l$  и в цикле по счетчику  $l$  вычисляются  $3/B_j = B_{l+1} - dC_{l+1}$ ;  $C = \overline{1, l/2}$ , затем коэффициенты  $B_i$  переносятся в блок оперативной памяти 3 на место коэффициентов  $C_i$  и сравниваются знаки  $S_1$  и  $S_2 = \text{Sign} B_1$ . Если они не равны  $K=K+1$ , затем из счет-

чика  $l$  вычитается 1, а  $S_1 = S_2$ . Если счетчик  $l$  не обнулится, то снова вычисляется  $d$  и процесс повторяется. Если  $l=0$ , то счетчик  $K$  сравнивается с  $r/2$ . Если  $K=r/2$  — система устойчива, в противном случае неустойчива. Если система устойчива, то текущие значения варьируемых параметров из блока оперативной памяти выдаются через выходной регистр на ЭЛТ 10. Затем происходит изменение варьируемого параметра, для него вычисляются коэффициенты (3), происходит проверка на устойчивость, если при изменении значения параметра система устойчива, на экран ЭЛТ 10 выдаются значения всех параметров. После того, как первый параметр изменился до минимального, начинает изменяться второй, при этом на экран выдаются значения всех параметров, если система устойчива. Работа устройства заканчивается, как только значение счетчика в группе счетчиков будет равно 0, то все параметры изменятся от максимальных значений до минимальных. Для исследования линейных систем вместо уравнения (2) используется уравнение вида

$$f(n) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n (-1)^{i+j} [a_{2j-1} b_{2i-2j} - a_{2j} b_{2i-2j-1} - a_{2j} b_{2i-2j} - a_{2j} b_{2i-2j-1}],$$

по которому вычисляются коэффициенты  $A_j$  вида (3).

Технико-экономическое преимущество заявляемого объекта по сравнению с прототипом заключается в возможности не только исследовать абсолютную устойчивость линейных и нелинейных систем, но и нахождения всех значений варьируемых параметров системы, при которых система абсолютно устойчива, т. е. определение областей абсолютной устойчивости систем управления. Таким образом, технико-экономическая эффективность заявляемого объекта определяется выполнением новых функций (нахождение всех значений варьируемых параметров, при которых система абсолютно устойчива).

#### Формула изобретения

Устройство для определения областей абсолютной устойчивости, содержащее электронно-лучевую трубку, блок микропрограммного управления, первый, второй, третий выходы которого соединены соответственно с первыми входами арифметического блока, блока оперативной памяти и ре-

гистров первой группы, первый вход блока микропрограммного управления является входом запуска устройства, второй и третий входы блока микропрограммного управления соединены соответственно с первыми выходами арифметического блока и выходом блока сравнения, второй и третий выходы арифметического блока соединены соответственно с вторым входом блока оперативной памяти и первым входом блока сравнения, первый выход блока оперативной памяти соединен с вторым входом арифметического блока, второй вход блока сравнения соединен с вторыми входами регистров первой группы, первые выходы которых подключены к третьему входу арифметического блока, отличающееся в том, что с целью расширения функциональных возможностей за счет нахождения областей абсолютной устойчивости нелинейных систем, в него введены блок ввода, вторая группа регистров, группа счетчиков, выходной регистр, причем четвертый, пятый, шестой и седьмой выходы блока микропрограммного управления соединены с первыми входами соответственно блока ввода, регистров второй группы, группы счетчиков и выходного регистра, первый и второй выходы блока ввода соединены соответственно с вторыми входами регистров первой группы и третьим входом блока оперативной памяти, второй и третий выходы которого подключены соответственно к вторым входам группы счетчиков и третьему входу выходного регистра, а выходы группы счетчиков соединены с третьим входом блока сравнения, выходы регистров второй группы подключены к четвертому входу арифметического блока, четвертый и пятый выходы которого соединены соответственно с вторыми входами регистров второй группы и выходного регистра, выход которого подключен к электронно-лучевой трубке, а второй вход блока ввода является информационным входом устройства.

Источники информации, принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 169898, кл. G 06 K 15/20, 1963.
2. Авторское свидетельство СССР № 275545, кл. G 06 K 15/20, 1969.
3. Авторское свидетельство СССР № 408313, кл. G 06 F 15/34, 1972.
4. Решение о выдаче авторского свидетельства по заявке № 2472535/18-24 от 26.10.77, кл. G 06 F 15/34 (прототип).