

Транзисторы $T_{21}-T_{28}$, работающие в качестве ключей, выполнены на триодах 320В. Для согласования полупроводниковой и ламповой схем последняя работает с заземленным плюсом.

Всего в системе программного управления при записи и обработке по двум координатам работают 51 радиолампа (из них 18 приходится на программирующее устройство) и 56 полупроводниковых триодов (в схеме управления).

Данная система находится в стадии наладки, после чего ею будет оборудован токарный станок 1К62.

Киселев В. М. Применение программного управления для контроля деталей с криволинейными поверхностями «Станки и инструмент», 1958, № 2.

Зусман В. Г., Ратмиров В. В. Система цифрового управления с шаговым двигателем. «Станки и инструмент», 1958, № 12.

Основы автоматического регулирования, том 2. Под редакцией проф. В. В. Солодовникова.

Вычислительная техника и ее применение. Под редакцией акад. С. А. Лебедева. Госэнергоиздат, 1959.

УСТРАНЕНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ, ЗАМКНУТЫХ В КОНТУР И ИМЕЮЩИХ СВОЙ ОБЪЕКТ РЕГУЛИРОВАНИЯ

О. И. ЛАРИЧЕВ, Г. Л. ДЬЯКОНОВА

По мере развития техники появляется все больше приборов и устройств, в которые входит не одна, а несколько систем автоматического регулирования. В самом простом случае это независимо работающие системы, в каждую из которых входит свой объект регулирования, т. е. системы, объединенные только общностью конструкции. Сложнее устройство, в котором несколько систем автоматического регулирования имеет общий объект и каждая из них производит регулирование по определенной его координате. Этот способ взаимодействия систем достаточно освещен в литературе. Менее изучен третий способ, когда каждая система имеет свой объект регулирования, но включены они в один контур. Сигнал поступает на вход первой системы, обрабатывается ею, затем поступает на вход второй и т. д. Сигнал на выходе n -й системы является сигналом обратной связи по отношению к воздействию, поданному на вход первой системы (рис. 1).

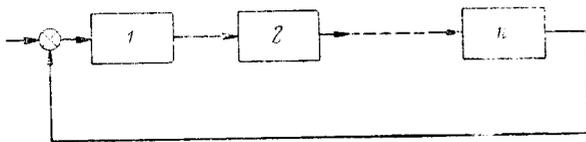


Рис. 1. Контур из n систем автоматического регулирования.

Очевидно, для обработки контуром входного сигнала без искажений необходимо отсутствие у одной из систем жесткой обратной связи, т. е. требуется система, выполняющая в контуре роль интегрирующего звена.

Составим передаточную функцию для контура, состоящего из трех систем (рис. 2). Пусть W_1 , W_2 и W_3 — соответственно передаточные функции ра-

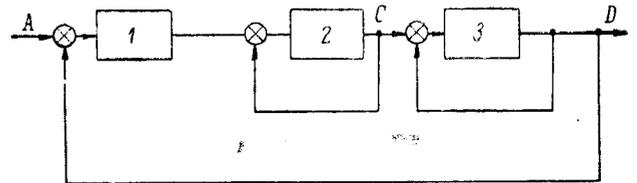


Рис. 2. Контур из трех систем.

зомкнутой системы 1 и замкнутых систем 2, 3; A — заданное воздействие на замкнутый контур; C, D — выходы этого контура. Тогда передаточная функция замкнутого контура

$$W_{AC} = \frac{W_1 \frac{W_2}{1+W_2}}{1+W_1 \frac{W_2 W_3}{(1+W_2)(1+W_3)}} = \frac{W_1 W_2 (1+W_3)}{(1+W_2)(1+W_3) + W_1 W_2 W_3}; \quad (1)$$

$$W_{AD} = \frac{W_1 \frac{W_2 W_3}{(1+W_2)(1+W_3)}}{1+W_1 \frac{W_2 W_3}{(1+W_2)(1+W_3)}} = \frac{W_1 W_2 W_3}{(1+W_2)(1+W_3) + W_1 W_2 W_3}. \quad (2)$$

Из этих формул следует, что в рассматриваемой схеме замыкания систем в единый контур системы влияют одна на другую, изменяются динамические свойства отдельных систем. С помощью метода Гурвица можно показать, что контур будет устойчив только при низких коэффициентах усиления входящих в него систем.

Устранение взаимовлияния систем в замкнутом контуре

Для устранения взаимного влияния систем в замкнутом контуре в соответствии с теорией инвариантности введем дополнительные воздействия одной системы на другую [1]: на каждую последующую систему будем подавать через преобразователь дополнительный сигнал от предыдущей. Сумма сигналов от преобразователя и сигналов, обработанных системой, должна исключить необходимость обработки последующей системой переходной составляющей предыдущей, сохранив основной сигнал.

Предположим, как и раньше, что контур состоит из трех систем (рис. 3). Обозначим через α , β , γ

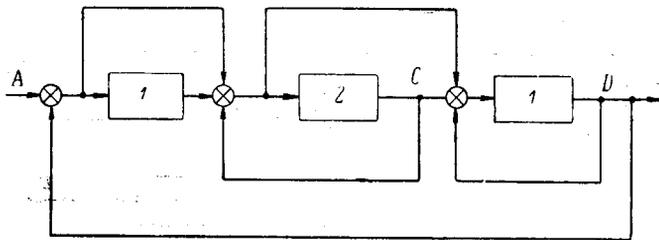


Рис. 3. Контур из трех систем с преобразователями.

введенные в контур преобразователи, а через W_α , W_β , W_γ соответствующие им передаточные функции. Для данного случая передаточные функции контура будут следующими:

$$\left. \begin{aligned} W_{AK} &= \frac{W_1}{1+W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}(1+W_\beta) \frac{W_3}{1+W_3}(1+W_\gamma)}; \\ W_{AD} &= \frac{W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}(1+W_\beta) \frac{W_3}{1+W_3}}{1+W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}(1+W_\beta) \frac{W_3}{1+W_3}(1+W_\gamma)}; \\ W_{AC} &= \frac{W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}}{1+W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}(1+W_\beta) \frac{W_3}{1+W_3}(1+W_\gamma)} \end{aligned} \right\} (3)$$

При устранении взаимовлияния систем в контуре эти функции должны удовлетворять условиям

$$\left. \begin{aligned} W_{AK} &= \frac{W_1}{1+W_1}; \\ W_{AC} &= \frac{W_2}{1+W_2}; \\ W_{AD} &= \frac{W_3}{1+W_3}. \end{aligned} \right\} (4)$$

Выражения (3) и (4) дают нам систему уравнений для определения неизвестных передаточных функций преобразователей:

$$\left. \begin{aligned} \frac{W_1}{1+W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}(1+W_\beta) \frac{W_3}{1+W_3}(1+W_\gamma)} &= \frac{W_1}{1+W_1}; \\ \frac{W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}}{1+W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}(1+W_\beta) \frac{W_3}{1+W_3}(1+W_\gamma)} &= \frac{W_2}{1+W_2}; \\ \frac{W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}(1+W_\beta) \frac{W_3}{1+W_3}}{1+W_1(1+W_\alpha) \frac{W_2}{1+W_2}(1+W_\beta) \frac{W_3}{1+W_3}(1+W_\gamma)} &= \frac{W_3}{1+W_3}. \end{aligned} \right\} (5)$$

Решение системы уравнений (5) следующее:

$$\left. \begin{aligned} W_\alpha &= \frac{1}{W_1}; \\ W_\beta &= \frac{1}{W_2}; \\ W_\gamma &= \frac{W_1}{1+W_1} \cdot \frac{1}{W_3} - \frac{1}{1+W_1}. \end{aligned} \right\} (6)$$

Но преобразователи можно включить иначе: подать на них не выходной сигнал соответствующей системы, а входной, т. е. включить преобразователи параллельно системам. Тогда

$$\left. \begin{aligned} W_\alpha &= \frac{1}{1+W_1}; \\ W_\beta &= \frac{1}{1+W_2}; \\ W_\gamma &= \frac{W_1}{1+W_1} \cdot \frac{1}{1+W_3} - \frac{W_3}{1+W_3} \cdot \frac{1}{1+W_1}. \end{aligned} \right\} (7)$$

Таким образом, на вход дополнительных преобразователей α , β нужно подать сигналы ошибок систем 1 и 2 соответственно. Трудность состоит лишь в техническом выполнении преобразователя γ . Его можно получить с помощью двух макетов-аналогов системы W_1 , как показано на рис. 4. В результате образовался замкнутый контур с независимой работой систем.

Следует заметить, что если первая и третья системы одинаковы (на рис. 5 они обозначены одним номером), то передаточная функция для преобразователя $W_\gamma = 0$ и осуществление равенств (7) становится очень простым.

Схема контура значительно упрощается также в том случае, если допустить влияние системы 1 на

отработку контуром входного воздействия. В этом случае

$$\left. \begin{aligned} W_{AC} &= \frac{W_1 W_2}{(1 + W_1)(1 + W_2)} ; \\ W_{AD} &= \frac{W_1 W_3}{(1 + W_1)(1 + W_3)} . \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

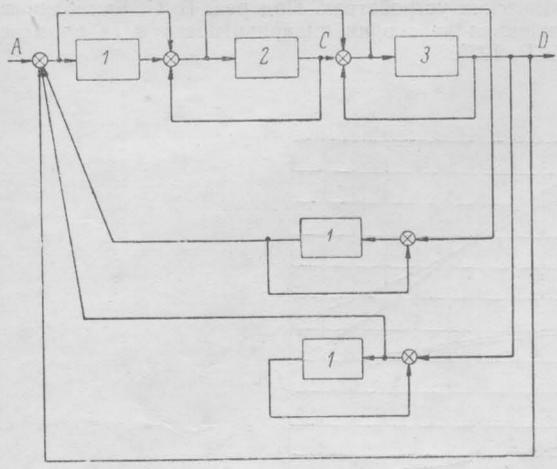


Рис. 4. Замкнутый контур с независимой работой систем.

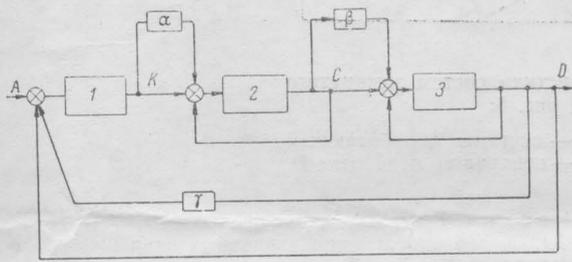


Рис. 5. Замкнутый контур с двумя одинаковыми системами.

Следовательно, увеличением коэффициента усиления K_1 можно освободиться от влияния системы 1 на отработку контуром входного сигнала.

Исследование замыкания систем в единый контур на моделирующей установке ИПТ-5

Для проверки теоретических выводов на моделирующей установке ИПТ-5 была набрана схема замыкания систем в контур, приведенная на рис. 6.

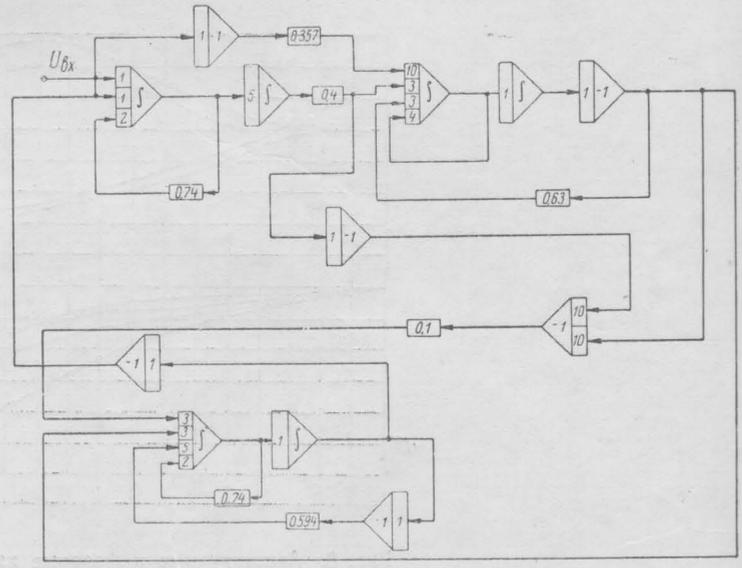


Рис. 6. Схема моделирования замкнутого контура с двумя одинаковыми системами.

В этой схеме две системы автоматического регулирования имеют одинаковые передаточные функции, третья — отличную от них передаточную функцию. На рис. 7 показан характер изменения ошибок этих

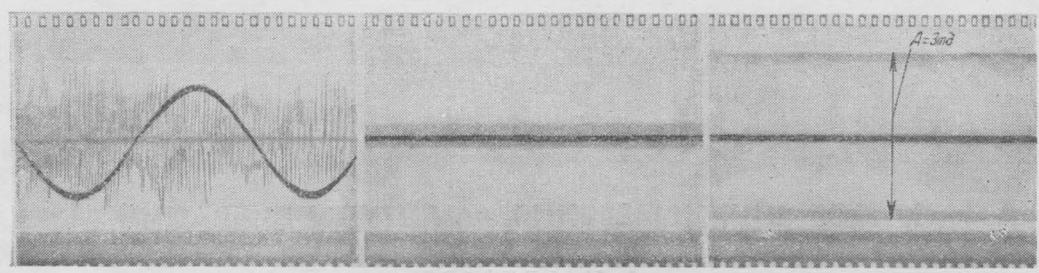


Рис. 7. Изменение ошибок систем замкнутого контура, показанного на рис. 5.

Пусть K_1 — коэффициент усиления разомкнутой системы 1. Если $K_1 \rightarrow \infty$, то

$$\left. \begin{aligned} W_{AC} &\rightarrow \frac{W_2}{1 + W_2} ; \\ W_{AD} &\rightarrow \frac{W_3}{1 + W_3} . \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

систем при слежении за синусной заводкой с частотой $f=0,1$ гц и амплитудой $A=90$ град. Их амплитудные и фазовые характеристики представлены на рис. 8.

На основе известных методов [2] динамика систем описана дифференциальными уравнениями

второго порядка и составлены передаточные функции

$$W_1 = W_3 = \frac{1}{3,37 \cdot 10^{-3} p^2 + 5 \cdot 10^{-2} p + 1};$$

$$W_2 = \frac{1}{3,28 \cdot 10^{-3} p^2 + 1,34 p + 1},$$

где p — оператор дифференцирования.

При замыкании систем в контур без введения дополнительных сигналов контур был неустойчи-

но отличаются от соответствующих характеристик систем 1 и 2, работающих отдельно.

Результаты экспериментов позволяют сделать вывод, что введение дополнительных сигналов стабилизирует контур и устраняет влияние входящих в него систем друг на друга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория инвариантности и ее применение в автоматических устройствах. Под ред. В. С. Кулебакина. Труды совещания по теории инвариантности и ее применениям. АН УССР, 1959.

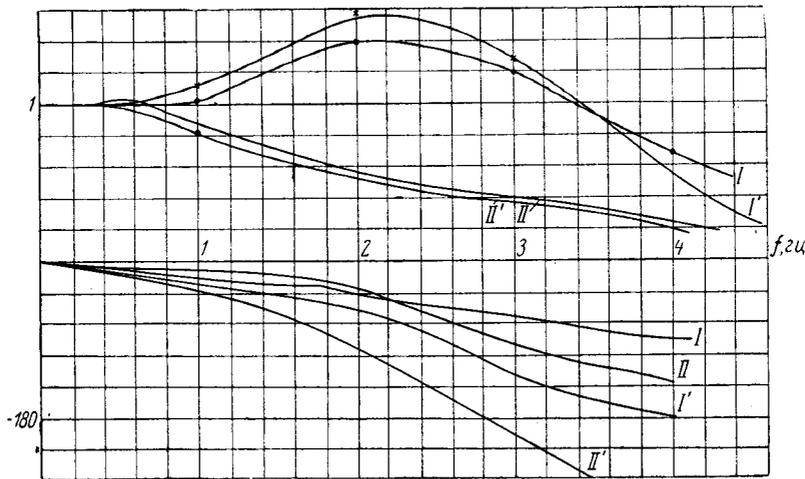


Рис. 8. Амплитудные и фазовые характеристики систем замкнутого контура, показанного на рис. 5:

I — системы 1, работающей отдельно; II — системы 2, работающей отдельно; I' — контура по отработке C ; II' — контура по отработке D .

вым. Введение сигналов ошибок делало контур устойчивым и устраняло взаимное влияние систем.

Приведенные на рис. 8 амплитудные и фазовые характеристики по отработке контура несуществен-

2. Рабкин Г. Л., Митрофанов Б. А., Штеренберг Ю. О. Об определении численных значений коэффициентов передаточных функций линеаризованных звеньев и систем по экспериментальным частотным характеристикам. «Автоматика и телемеханика», 1955, т. XVI, № 5, изд-во АН СССР.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АМПЛИТУДЫ ВИБРАЦИЙ

А. И. ФЕДОТОВ

Точность работы оборудования в основном зависит от точности изготовления его деталей и механизмов, а на нее в свою очередь влияет много различных факторов, в том числе и вибрации оборудования. Возникают они из-за неуравновешенности вращающихся деталей, изменения силы трения при перемещении одной детали по другой, дефектов в зубчатых колесах, в паре подшипник — шпиндель и т. д.

Существует много приборов [2, 4] для измерения параметров вибраций: амплитуды, скорости и ускорения. Однако все они неприменимы, если амплитуда вибраций меньше 1 мк . Такие вибрации являются большой помехой в работе делительных машин для нарезания шкал, линеек, сеток, для нанесения штрихов дифракционных решеток, в работе прецизионных станков, станков для заточки алмазного инструмента и т. п.

Дьяконова Г. Л., Ларичев О. И. Устранение взаимного влияния следящих систем, замкнутых в контур и имеющих свои объекты регулирования // Производственно-технический бюллетень. —1962. —№ 9.—С. 51–54.

```
@Article{Dyakonova_Larichev_1962,  
  author = "Дьяконова, Г. Л. and Ларичев, О. И.",  
  title = "Устранение взаимного влияния следящих систем, замкнутых  
    в контур и имеющих свои объекты регулирования",  
  journal = "Производственно-технический бюллетень",  
  number = "9",  
  pages = "51--54",  
  year = "1962",  
  language = "russian",  
}
```