

УДК 681.51

В. И. ПЕТУНИН

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЛОГИКО-ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОТУРБИНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Рассмотрены особенности построения логико-динамических систем автоматического управления с алгебраическими селекторами для газотурбинных двигателей. Получены эквивалентные нелинейные структуры таких систем. Разработаны методы обеспечения требуемых динамических характеристик, а также статической точности при действии помех. *Логико-динамическая система; алгебраический селектор; система автоматического управления; газотурбинный двигатель; передаточная функция; переходный процесс; режим переключений; статическая точность*

ВВЕДЕНИЕ

Современные авиационные газотурбинные двигатели (ГТД) являются сложными многорежимными нелинейными объектами управления. В системах автоматического управления (САУ) такими многосвязными объектами с числом управляющих воздействий, меньшим числа управляемых координат, формирование управления часто осуществляется с помощью селекторов. К таким системам относятся, например, САУ подачи топлива в камеры сгорания ГТД [1]. Обычно применяется принцип селектирования, согласно которому регулируется параметр двигателя, наиболее приближенный к величине, определяемой программой регулирования. Такое селектирование реализуется с помощью алгебраических селекторов (АС).

Например, при управлении ГТД путем изменения расхода топлива в основную камеру сгорания на максимальных режимах работы ГТД для того, чтобы регулируемые параметры не превысили максимальных допустимых значений (ограничение сверху), селектор должен пропустить на управление дозирующим устройством сигнал, соответствующий получению минимальной величины расхода топлива G_T . Классифицируя по требуемой величине регулирующего фактора, такое селектирование называют селектированием по минимуму, а селектор — селектором минимальных сигналов управления. С помощью селектирования по минимуму определяется очередность выполнения программ регулирования $n_{\max} = \text{const}$, $T_{\max}^* = \text{const}$, $p_{\max}^* = \text{const}$, программы регулирования при приемистости и ряда других.

Если же ограничивают минимальные значения параметров (ограничение снизу), то предпочтение отдается регулятору параметра, для поддержания которого требуется наибольший расход топлива, т. е. осуществляется селектирование по максимуму. Такой принцип применяется для согласования с регуляторами сброса газа, ограничения снизу расхода топлива.

Применяя последовательное селектирование по минимуму и максимуму, можно обеспечить необходимое ограничение величин регулируемых параметров сверху и снизу. Структурная схема регулятора основного контура ГТД показана на рис. 1, где ОРР — основной регулятор режима; РР — регулятор разгона; РС — регулятор сброса; О — ограничитель; ИУ — исполнительное устройство.

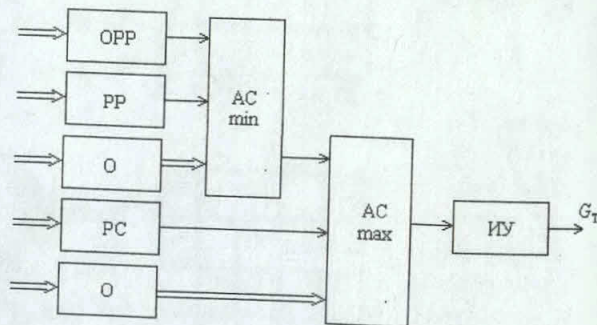


Рис. 1

В развитие теории и практики применения АС внесли вклад И. И. Ахметгалеев, Л. И. Волгин, А. Н. Добрынин, Ф. А. Шаймарданов, О. С. Гуревич и др.

Селекторы вводятся в САУ для устранения зоны совместной работы каналов управления и обеспечивают во всех условиях работы управляющее воздействие только одного из нескольких каналов управления, включаемых в работу в зависимости от режима работы объекта управления. При этом каждый из каналов управления работает автономно и его параметры обычно выбираются без учета взаимодействия с другими каналами. Это позволяет сохранить статическую точность и запасы устойчивости, свойственные автономным каналам управления.

Однако это справедливо лишь для статических режимов работы систем управления. Как показано в работах А. Н. Добрынина, И. Л. Письменного, О. С. Гуревича, Ф. Д. Гольберга, а также в исследованиях, проведенных автором, взаимодействие каналов сохраняется на переходных режимах и при действии возмущений. При этом возможно возникновение зоны совместной работы каналов при действии помех, а также режима обратного переключения каналов, скачков и перерегулирований по выходным координатам при различных динамических характеристиках каналов. Время работы САУ на режимах переключения каналов может быть достаточно большим. Это приводит к ухудшению динамических характеристик САУ ГТД и снижению ресурса двигателя. Поэтому актуальной задачей для САУ ГТД с АС является обеспечение заданного качества переходных процессов в канале управления, замыкаемом через селектор, а также статической точности каналов при действии помех.

Рассматриваемые многосвязные САУ с селектированием каналов являются логико-динамическими системами [2], вопросы исследования и разработки которых применительно к ГТД разработаны недостаточно полно. Поэтому в работе представлены отдельные результаты анализа и синтеза многосвязных САУ ГТД с АС относительно режима переключения каналов, полученные автором за время работы в УГАТУ.

1. МЕТОД СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ САУ ГТД С АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ СЕЛЕКТОРАМИ

Структурная схема САУ с АС для двухмерного объекта с одним управляющим воздействием представлена на рис. 2. Здесь $H_1(p)$ и $H_2(p)$ — передаточные функции объекта управления; $W_1(p)$ и $W_2(p)$ — передаточные функции регуляторов отдельных кана-

лов; $W_p(p)$ — передаточная функция общего регулятора или исполнительного устройства; $Y_1(p)$ и $Y_2(p)$ — управляемые координаты объекта управления; $Y_{10}(p)$ и $Y_{20}(p)$ — задающие воздействия каналов.

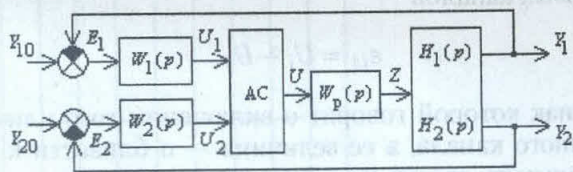


Рис. 2

Алгебраический селектор является логическим элементом, уравнение которого в общем случае имеет вид $U = \max\{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ для АС максимального сигнала и $U = \min\{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ для АС минимального сигнала, где U_i — входные сигналы селектора ($i = 1, 2, \dots, m$); m — число селектируемых сигналов; U — выходной сигнал селектора.

Согласно непрерывной или бесконечнозначной логике операции получения максимального сигнала соответствует операция дизъюнкции, а операции получения минимального сигнала — операция конъюнкции. Непрерывная логика позволяет представить операции дизъюнкции и конъюнкции в терминах алгебраических операций. При этом привлекаются операции выделения модуля величины и единичные функции. Тогда уравнения алгебраического селектора двух сигналов могут быть записаны, например, следующим образом:

$$\begin{aligned} U &= \max(U_1, U_2) = \\ &= U_1 \cup U_2 = \frac{1}{2}(U_1 + U_2 + |U_1 - U_2|); \\ U &= \min(U_1, U_2) = \\ &= U_1 \cap U_2 = \frac{1}{2}(U_1 + U_2 - |U_1 - U_2|). \end{aligned}$$

При математическом описании АС с использованием операции выделения модуля структурные схемы АС и, следовательно, САУ с АС (рис. 2) могут быть преобразованы. Рассмотрим это подробнее.

Одним из основных режимов работы селектора в САУ является режим переключения с одного канала на другой. Для АС это происходит при выравнивании выходных сигналов замкнутого канала и одного из разомкнутых каналов и дальнейшем преобладании сигнала разомкнутого канала с учетом логики работы АС. Таким образом, на режимах

переключения можно рассматривать работу двух каналов, наиболее близких к селектированию. Причем важным информативным параметром для АС и, как будет показано далее, для САУ является разность его входных сигналов, т. е. выходных сигналов селектируемых каналов

$$\varepsilon_{ij} = U_i - U_j,$$

знак которой говорит о включении того или иного канала, а ее величина — о близости к моменту селектирования.

Относительно разности входных сигналов

$$\varepsilon = U_1 - U_2$$

выражение, описывающее работу АС двух сигналов, преобразуется с использованием операции выделения модуля следующим образом:

$$U = \begin{cases} U_1 & \text{при } \mu\varepsilon > 0 \\ U_2 & \text{при } \mu\varepsilon \leq 0 \end{cases} = \frac{1}{2}(U_1 + U_2 + \mu|\varepsilon|),$$

где $\mu = 1$ — для селектора максимального сигнала; $\mu = -1$ — для селектора минимального сигнала.

Следовательно, АС может быть представлен в виде эквивалентной нелинейной структуры, включающей в себя нелинейность $M(\varepsilon)$ типа «модуль»

$$M(\varepsilon) = \mu|\varepsilon|.$$

Тогда для САУ с АС (рис. 2) эквивалентная структурная схема имеет вид рис. 3, где

$$\begin{aligned} \Phi(p) &= \frac{W_I(p) - W_{II}(p)}{2 + W_I(p) + W_{II}(p)}; \\ W_I(p) &= W_1(p)W_P(p)H_1(p); \\ W_{II}(p) &= W_2(p)W_P(p)H_2(p); \\ a_0(p) &= W_1(p)Y_{10}(p) - W_2(p)Y_{20}(p); \\ b_0(p) &= W_1(p)Y_{10}(p) + W_2(p)Y_{20}(p). \end{aligned}$$

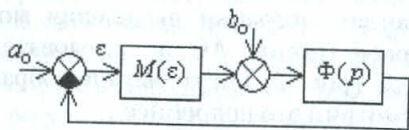


Рис. 3

Следовательно, анализ САУ с АС сводится к исследованию поведения координаты ε в полученной нелинейной системе, например, с помощью методов гармонической или статистической линеаризации, для которых

порядок линейной части системы не является ограничением. Изменение знака ε связано с переключением селектируемых каналов. Устойчивые периодические колебания по ε говорят о наличии колебаний в САУ с АС. Стремление ε в бесконечность связано с неустойчивостью исходной САУ.

Более подробно метод структурных преобразований многосвязных САУ ГТД с АС рассмотрен в статьях [3, 4], его использование при исследовании устойчивости и помехозащищенности данных систем приведено в работах [5, 6].

2. КОРРЕКЦИЯ

ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САУ ГТД С АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ СЕЛЕКТОРАМИ

В САУ с АС структура и динамические характеристики объекта управления могут быть различными по отдельным координатам, следовательно, и корректирующие звенья в каналах управления этими координатами также будут разными. Это можно показать следующим образом.

Рассмотрим САУ двухмерным объектом с одним управляющим воздействием (рис. 2), в которой используется АС. Первый канал этой САУ является каналом управления, определяющим режим работы объекта по выходной координате Y_1 , его заданная величина Y_{10} зависит от времени. Второй канал — канал ограничения, его заданная величина Y_{20} является постоянной и определяет максимальный режим работы объекта по координате Y_2 .

Передачные функции объекта управления:

по координате Y_1 —

$$H_1(p) = K_1 \frac{A_1(p)}{B(p)};$$

по координате Y_2 —

$$H_2(p) = K_2 \frac{A_2(p)}{B(p)},$$

где K_1, K_2 — коэффициенты передачи; $A_1(p), A_2(p), B(p)$ — полиномы, зависящие от вида объекта. Примем, что порядок $A_1(p)$ меньше, чем порядок $B(p)$, а порядок $A_2(p)$ равен порядку $B(p)$. Такое математическое описание характерно, например, для динамических характеристик ГТД по частоте вращения ротора и температуре газа при изменении расхода топлива в камеру сгорания. Известно, что

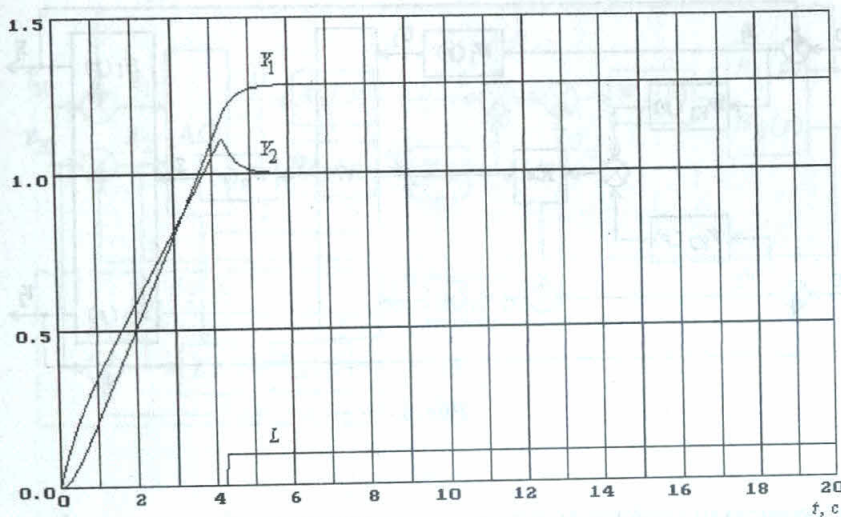


Рис. 4

ГТД является инерционным звеном по отношению к частоте вращения ротора и практически безынерционным — по отношению к температуре газа.

Передаточная функция общего регулятора

$$W_P(p) = K_P \frac{T_P p + 1}{p(T_P + 1)}$$

Передаточные функции корректирующих звеньев первого — $W_1(p)$ и второго — $W_2(p)$ каналов выбираются исходя из заданных требований к динамическим характеристикам каждого из них. Это можно сделать следующим образом. Потребуем, чтобы передаточные функции отдельных разомкнутых каналов без учета запаздывания измерителей координат удовлетворяли равенству

$$W_I(p) = W_{II}(p) = W_M(p),$$

где $W_M(p)$ — передаточная функция эталонных моделей разомкнутых каналов. Тогда

$$\frac{W_1(p)}{W_2(p)} = \frac{K_2 A_2(p)}{K_1 A_1(p)}$$

Следовательно, порядок корректирующего звена $W_1(p)$ меньше порядка корректирующего звена $W_2(p)$.

Если передаточные функции отдельных разомкнутых каналов выбрать в виде

$$W_M(p) = \frac{K}{p(Tp + 1)},$$

то для получения необходимого качества регулирования выходных координат корректирующие звенья должны иметь следующие передаточные функции:

$$W_1(p) = K_{1K}; \quad W_2(p) = \frac{K_{2K}}{T_2 p + 1},$$

где K_{iK} — коэффициенты передачи корректирующих звеньев, T_2 — постоянная времени форсирования объекта управления по каналу ограничения.

При этом инерционность датчика температуры должна быть скорректирована так, чтобы измерители параметров были безынерционными.

Как известно [1], обычно применяется принцип селектирования, согласно которому регулируется параметр ГТД, наиболее приблизившийся к величине, определяемой программой регулирования. Следовательно, для получения необходимого качества регулирования переключение селектора должно происходить в момент равенства рассогласований между текущими значениями параметров и их задающими значениями, т. е. в момент равенства сигналов перед корректирующими звеньями регуляторов $E_1(t) = E_2(t)$.

Проведенный анализ показывает, что корректирующее звено регулятора температуры газа является инерционным по отношению к корректирующему звену регулятора частоты вращения ротора ГТД, поэтому селектор переключается с канала частоты вращения ротора на канал температуры газа с запаздывани-

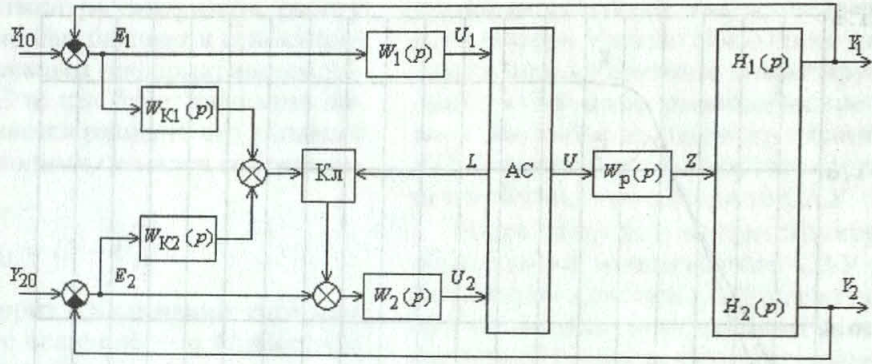


Рис. 5

ем. В результате, происходит заброс по температуре газа (рис. 4).

Для повышения динамической точности системы при переключении АС — обеспечения монотонности переходного процесса по температуре газа — необходимо, очевидно, обеспечить более раннее выполнение условия селектирования. Это может быть достигнуто путем уменьшения задающего воздействия канала температуры, когда замкнутым является канал частоты вращения ротора, и восстановления его значения при замыкании канала температуры газа. Для этого в исходную САУ (рис. 2) необходимо ввести корректирующие звенья.

Рассмотрим САУ ГТД, структурная схема которой представлена на рис. 5 [7]. Здесь $W_{K1}(p)$ и $W_{K2}(p)$ — корректирующие звенья, введенные для формирования условия селек-

тирования; Кл — ключ; L — логический выход АС: $L = 1$, если замкнут канал частоты вращения ротора, и $L = 0$, если замкнут канал температуры газа.

Подробный синтез корректирующих звеньев $W_{K1}(p)$ и $W_{K2}(p)$ рассмотрен в работе [5]. Для условия селектирования $E_1(t) = E_2(t)$ получаем

$$W_{K1}(p) = \frac{W_1(p) - 1}{W_2(p)}; \quad W_{K2}(p) = \frac{1 - W_2(p)}{W_2(p)}.$$

Полученные в такой САУ переходные процессы имеют монотонный характер (рис. 6).

Возможен также и другой вариант включения корректирующих звеньев регуляторов отдельных каналов в САУ с АС — после селектора. В этом случае входными сигналами АС являются сигналы рассогласований каналов, что согласно [1] является необходимым усло-

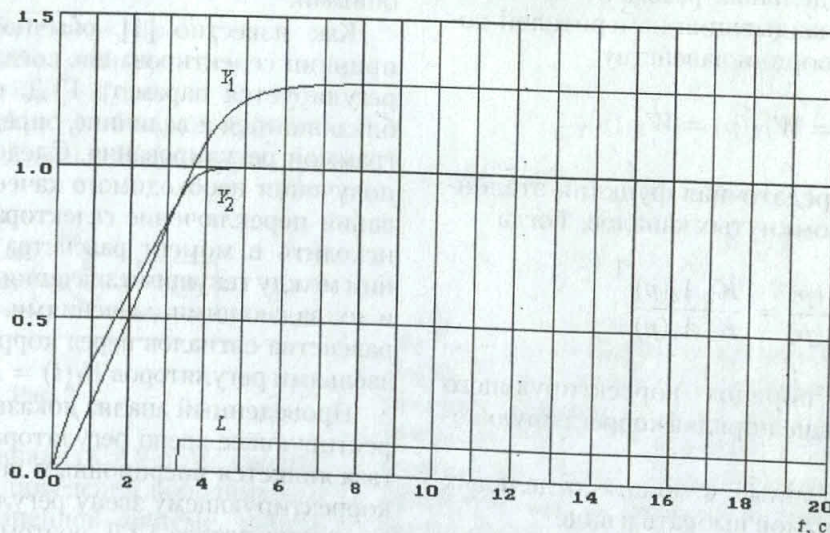


Рис. 6

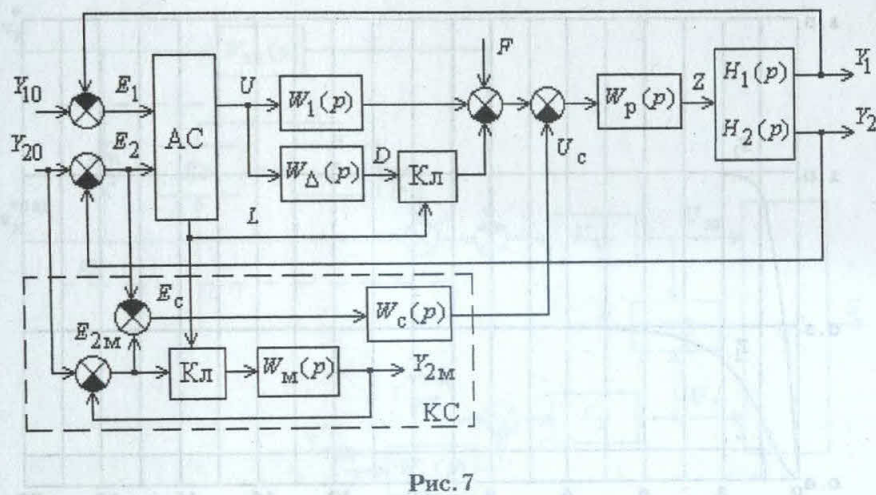


Рис. 7

вием определения момента переключения каналов. Однако, как было показано выше, корректирующие звенья в общем случае получаются разными и, следовательно, необходима коммутация этих звеньев в момент селектирования. При этом происходит сигнальное возмущение САУ. Это можно показать следующим образом.

Пусть корректирующее звено $W_1(p)$ канала управления САУ включено постоянно, а корректирующее звено $W_2(p)$ реализуется при включении канала ограничения параллельным подключением к $W_1(p)$ разностного динамического звена с передаточной функцией

$$W_{\Delta}(p) = W_1(p) - W_2(p)$$

по выходному логическому сигналу селектора L (рис. 7), где $L = 0$ при работе канала управления и $L = 1$ — при работе канала ограничения; Кл — ключ.

Таким образом, при селектировании происходит структурное изменение корректирующего звена системы, которое приводит к появлению импульсного сигнального возмущения САУ выходным сигналом разностного динамического звена $W_{\Delta}(p)$, равного $D(t_{сел}) = D(t)$ в момент селектирования каналов и зависящего от динамических характеристик объекта управления. Это вызывает скачок по ограничиваемой координате Y_2 или режим обратного переключения каналов, что существенно ухудшает качество работы канала ограничения (рис. 8). Следовательно, необ-

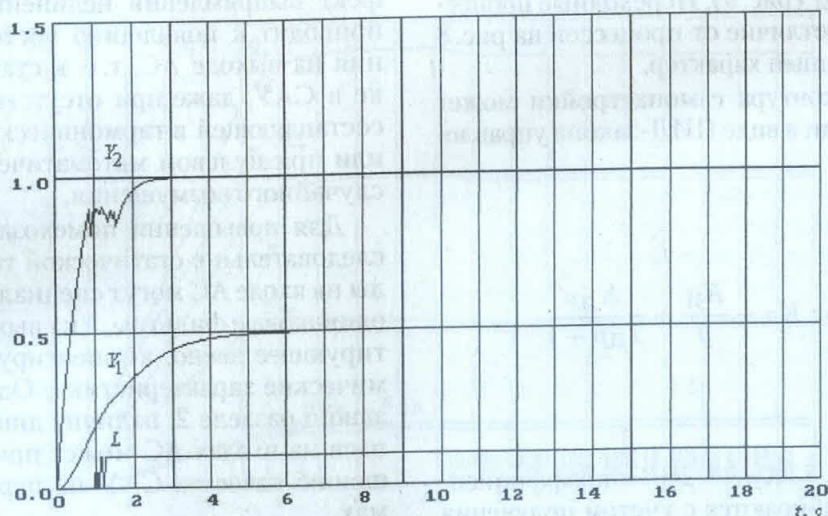


Рис. 8

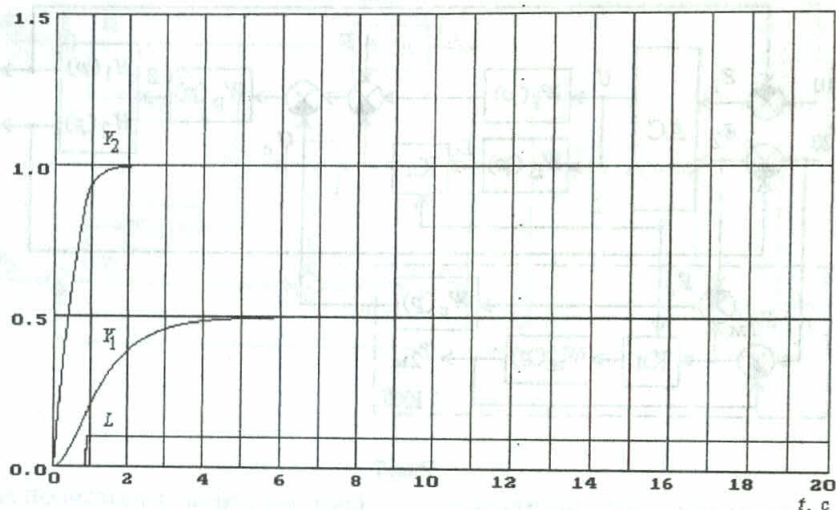


Рис. 9

ходима компенсация динамической погрешности САУ с АС в момент селектирования.

Для этой цели используется контур компенсационной сигнальной самонастройки (КС), приведенный на рис. 7 [8]. Компенсация динамической погрешности САУ с АС достигается использованием эталонной модели канала ограничения, замыкаемой в момент селектирования, компенсацией сигнального возмущения постоянным сигналом $F = D(t_{\text{сел}})$ при включении корректирующего звена $W_2(p)$ и последующим устранением влияния сигнала F при работе канала ограничения выходным сигналом U_C контура сигнальной самонастройки, который компенсирует сигнал F и приближает координату Y_2 к координате Y_{2M} (рис. 9). Переходные процессы при этом в отличие от процессов на рис. 8 имеют монотонный характер.

Алгоритм контура самонастройки может быть реализован в виде ПИД-закона управления

$$W_C(p) = K_{\text{П}} + \frac{K_{\text{И}}}{p} + \frac{K_{\text{Д}}p}{T_{\text{Д}}p + 1},$$

где $K_{\text{П}}$, $K_{\text{И}}$, $K_{\text{Д}}$, $T_{\text{Д}}$ — коэффициенты, которые выбираются с учетом получения заданного качества процессов самонастройки. Методика синтеза значений этих коэффициентов приведена в работе [9].

3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ САУ ГТД С АЛГЕБРАИЧЕСКИМИ СЕЛЕКТОРАМИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПОМЕХ

Проведенное в [3, 4] исследование помехозащищенности и статической точности многосвязных САУ ГТД с АС при действии различных возмущений показало сильное влияние гармонических и случайных помех на статическую точность САУ на режимах, близких к селектированию. При действии данных помех на объект управления вместо однократного переключения каналов в САУ возникает зона совместной работы каналов, т. е. режим переключения с одного канала на другой. Эффект выпрямления нелинейности «модуль» приводит к появлению постоянного смещения на выходе АС, т. е. к статической ошибке в САУ, даже при отсутствии постоянной составляющей в гармоническом возмущении или при нулевом математическом ожидании случайного возмущения.

Для повышения помехозащищенности и, следовательно, статической точности в каналы на входе АС могут специально включаться одинаковые фильтры, а на выходе АС корректирующее звено, компенсирующее их динамические характеристики. Однако, как показано в разделе 2, наличие динамических звеньев на входах АС может приводить к ухудшению качества САУ на переходных режимах.

Для повышения статической точности САУ на режимах селектирования каналов при наличии помех можно использовать аста-

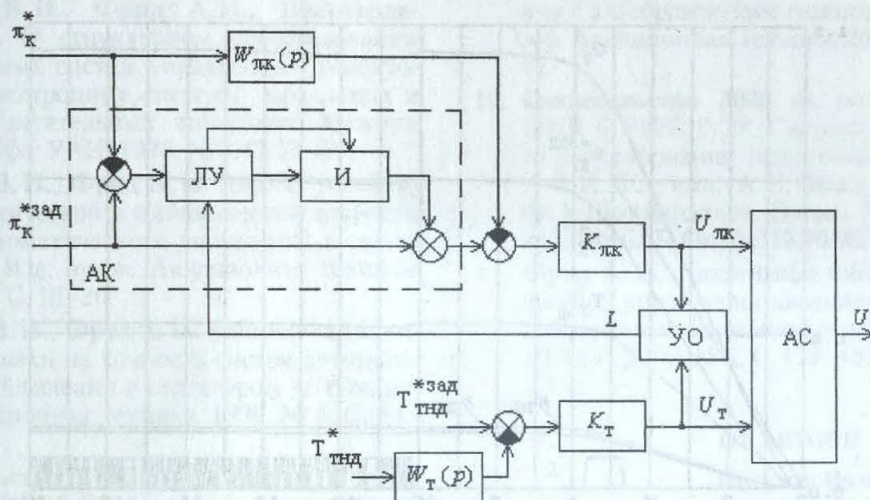


Рис. 10

тический корректор, работающий в зоне совместной работы каналов [10].

На рис. 10 представлена структурная схема каналов π_K^* и $T_{гнд}^*$ САУ ГТД с астатическим корректором (АК), включенным в канал управления π_K^* . Астатический корректор включен в цепь задающего воздействия канала π_K^* и состоит из элемента сравнения, логического устройства (ЛУ), интегратора (И) и суммирующего элемента. На элементе сравнения определяется статическая ошибка САУ и в зоне совместной работы каналов подается на вход интегратора. Выходной сигнал интегратора увеличивает величину задающего воздействия и тем самым увеличивает зна-

чение π_K^* , что повышает статическую точность САУ. Логическое устройство включает в работу астатический корректор при наличии логического сигнала L и обнуляет выходной сигнал интегратора при его отсутствии. Устройство определения зоны совместной работы каналов (УО) выдает логический сигнал L при наличии переключений АС в зоне совместной работы каналов.

На рис. 11 приведены переходные процессы в САУ ГТД с АС без астатического корректора при случайном возмущении F по выходному сигналу термопреобразователя ($m_F = 0, \sigma_F = 0,01 \cdot T_{гнд}^*$).

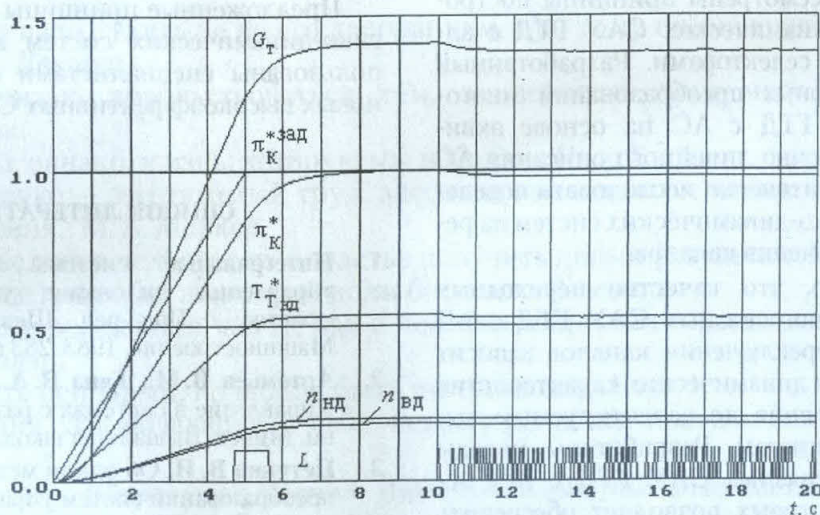


Рис. 11

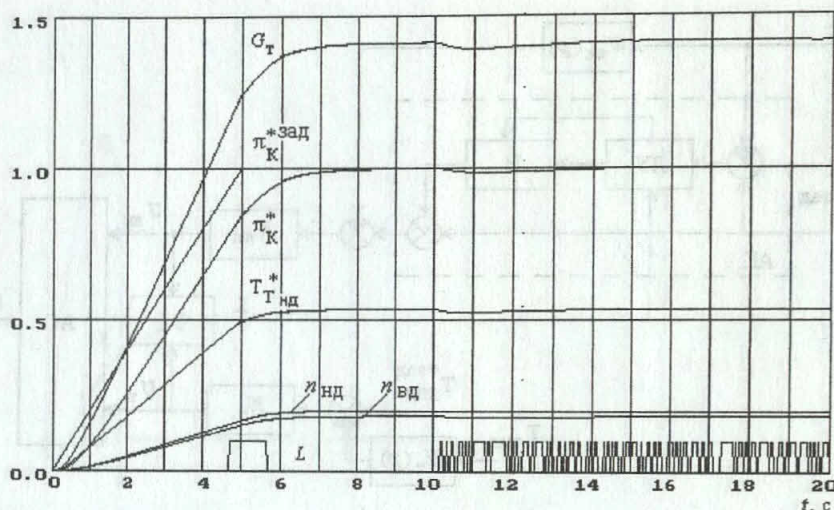


Рис. 12

Полученные результаты показывают возникновение и устойчивое существование режима переключения каналов в САУ, приводящее к существенному уменьшению значения π_K^* и G_T . Величина статической погрешности по π_K^* составляет при этом 2,2%.

На рис. 12 приведены переходные процессы в САУ с астатическим корректором, включенным в канал управления π_K^* , которые показывают полное восстановление статического режима САУ за счет работы астатического корректора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены принципы построения логико-динамических САУ ГТД с алгебраическими селекторами. Разработанный метод структурных преобразований многосвязных САУ ГТД с АС на основе эквивалентного кусочно-линейного описания АС позволяет аналитически исследовать поведение таких логико-динамических систем на режимах переключения каналов.

Установлено, что качество переходных процессов в многосвязных САУ ГТД с АС на режимах переключения каналов зависит от соотношения динамических характеристик объекта управления по селектируемым выходным координатам. Разработаны методы синтеза многосвязных САУ ГТД с АС, использование которых позволяет обеспечить заданное качество переходных процессов в ограничителе температуры газа на режимах переключения каналов.

Показано, что наличие случайных или гармонических помех в отдельных устойчивых каналах САУ с АС может вызвать режим переключения с одного канала на другой, при котором происходит снижение статической точности САУ. Разработан метод повышения статической точности на режимах переключения каналов при действии помех с помощью астатического корректора.

Современные САУ ГТД являются системами многоуровневого управления. Рассмотренные САУ с АС реализуют алгоритмы нижнего уровня управления ГТД [11]. Алгоритмы более высокого уровня управления являются предметом дальнейших исследований.

Предложенные принципы построения логико-динамических систем могут быть использованы специалистами при разработке новых высокоэффективных САУ ГТД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Интегральные системы автоматического управления силовыми установками самолетов** / Под ред. Шевякова А.А. М.: Машиностроение, 1983. 283 с.
2. **Артемьев В.М., Ганз В.А., Степанов В.Л.** Управление в системах с разделением времени. Минск: Вышэйшая школа, 1982. 223 с.
3. **Петунин В.И.** Об одном методе структурных преобразований систем управления с идеальным алгебраическим селектором // Управление сложными техническими системами: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1978. № 2. С.67-72.

4. **Петунин В.И., Фрид А.И., Шаймарданов Ф.А.** О структурном преобразовании многосвязных систем управления с селектором // Электронные системы управления и контроля летательных аппаратов: Межвуз. науч. сб. Уфа: УАИ, 1978. № 3. С. 52–55.
5. **Петунин В.И., Фрид А.И.** Анализ устойчивости, статической и динамической точности систем автоматического управления с селектором // Изв. вузов. Авиационная техника. 1999. № 2. С. 16–20.
6. **Петунин В.И., Фрид А.И.** Влияние гармонической помехи на точность систем автоматического управления с селектором // Изв. вузов. Авиационная техника. 1999. № 4. С. 81–82.
7. **Свидетельство 2416** на полезную модель: МПК 6 F02C 9/28. Система автоматического регулирования газотурбинного двигателя / В.И. Петунин, А.И. Фрид, В.В. Васильев, Ф.А. Шаймарданов. Заявка № 95108046; Заявл. 18.05.95; Оpubл. 16.07.96; Бюл. № 7.
8. **Патент 2172857** на изобретение (РФ): МПК 7 F 02 C 9/28. Система автоматического регулирования газотурбинного двигателя / В.И. Петунин, А.И. Фрид, П.В. Кузнецов. Заявка № 2000102368; Заявл. 31.01.2000; Зарегистр. в Гос. реестре изобретений РФ 27.08.2001. Бюл. № 24.
9. **Петунин В.И., Фрид А.И.** Синтез многоканальной системы автоматического управления с алгебраическим селектором // Изв. вузов. Авиационная техника. 2000. № 1. С. 10–12.
10. **Свидетельство 3008** на полезную модель: МПК 6 F02C 9/28. Система автоматического регулирования газотурбинного двигателя / В.И. Петунин, А.И. Фрид, В.В. Васильев, Ф.А. Шаймарданов. Заявка № 95110175; Заявл. 15.06.95; Оpubл. 16.10.96; Бюл. № 10.
11. **Фрид А.И.** Адаптивные системы автоматического управления авиационными двигателями с селектированием режимов // Вестник УГАТУ. 2002. № 1. С. 179–187.

ОБ АВТОРЕ

Петунин Валерий Иванович, доцент каф. авиационного приборостроения УГАТУ. Дипл. инж.-электромеханик по авиационному приборостроению (УГАТУ, 1970). Канд. техн. наук по системам обработки информации и управления (УГАТУ, 1999). Исследования в области систем автоматического управления ГД, логико-динамических систем, адаптивных и интеллектуальных систем.



Разное

СЛОВО О НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

Мне так много нужно еще сделать, а жизнь так коротка; я должен торопиться.
Эдисон.

О человеке надо судить не по его дарованиям, а по тому применению, которое он им дает.
Декарт.

Я предпочитаю довольствоваться тем, за верность чего могу поручиться.
Коперник.

Как тяжела, однако, жизнь, которую мы избрали.
Пьер Кюри.

Работа в науке — это тяжелый труд, здесь поражения более часты, чем победы и достижения.
М.А. Марков.

Какое это великое человеческое счастье получить новый результат.
Пастер.

Не было еще гения без некоторой доли безумия.
Сенека.

Философами рождаются, так же как и поэтами, и при том гораздо реже.
Шопенгауэр.

Можно быть неправым, но нельзя быть невежливым.
Бор.

Заблуждения, заключающие в себе некоторую долю правды, самые опасные.
Смит.

[Слово о науке: Афоризмы. Изречения. Литературные цитаты. Кн. 2. М.: Знание, 1981.]