

УДК 621.452:681.5

ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИЧЕСКОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ГАЗОТУРБИНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Б. Г. Ильясов¹, Г. А. Саитова², И. И. Сабитов³

¹ilyasov@tc.ugatu.ac.ru, ²saitova@bk.ru, ³iskra1990@gmail.com

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 18.11.2015

Аннотация. В рамках данной статьи рассматривается применение логического регулятора в составе многосвязной системы автоматического управления таким сложным динамическим объектом как авиационный газотурбинный двигатель. Предлагается структура и алгоритм функционирования двухканального логического регулятора, учитывающего не только динамику каждой сепаратной подсистемы, но и их взаимовлияние при формировании управляющего воздействия. Приводится оценка его эффективности в составе многосвязной системы автоматического управления одновальным авиационным газотурбинным двигателем на основе имитационного моделирования.

Ключевые слова: логический алгоритм управления; многосвязная система автоматического управления; многомерный динамический объект; авиационный газотурбинный двигатель; двухканальный логический регулятор.

Современные сложные динамические объекты (СДО), например, такие как авиационный газотурбинный двигатель (ГТД), включают в себя ряд взаимосвязанных сепаратных подсистем, взаимодействующих через естественные перекрестные связи внутри объекта.

Авиационный ГТД как многомерный объект управления характеризуется существенной нелинейностью характеристик элементов системы и нестационарностью управляемых процессов, а также изменением параметров объекта управления в широких пределах. Вследствие чего динамическая и статическая характеристика таких объектов может существенно изменяться на различных режимах функционирования [1].

Также необходимо отметить, что в процессе анализа и синтеза системы автоматического управления (САУ) сложным многомерным динамическим объектом необходимо определять достижимость конечной цели функционирования не только каждой подсистемой по отдельности, но и при их взаимодействии, так как характер перекрестных связей оказывает значительное влияние на динамику выходных координат.

В связи с этим, системы автоматического управления (САУ), учитывающие структурные, параметрические и функциональные особенности авиационного ГТД, необходимо разрабатывать в классе многосвязных САУ [2].

Однако линейный «жесткий» подход к проектированию МСАУ, в частности авиационным ГТД, не решает проблемы обеспечения требуемых тактико-технических характеристик, предъявляемых к системе в целом [3].

Поэтому необходимым и актуальным становится разработка таких алгоритмов управления, которые бы обеспечивали требуемое достижение цели функционирования многосвязной системы в целом на каждом режиме работы СДО.

АВИАЦИОННЫЙ ГТД КАК МНОГОСВЯЗНЫЙ ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ

В работах [1, 2, 4] рассмотрены свойства авиационного ГТД как многосвязного объекта управления, где ГТД характеризуется как устойчивый нестационарный объект, динамические параметры которого изменяются в соответствии с изменениями внешних условий полета.



Рис. 1. Структурная схема исследуемой МСАУ ГТД с логическим регулятором

Нелинейная динамическая модель авиационного ГТД является достаточно сложной для анализа и синтеза МСАУ. Поэтому для упрощения ее представляют в виде системы линеаризованных стационарных дифференциальных уравнений [1].

В данной статье авиационный ГТД (на примере одновального ТРДФ) описывается как многосвязный объект управления с тремя регулируемыми координатами, являющимися функциональными параметрами двигателя: частотой вращения ротора турбокомпрессора (n), степенью расширения газа в турбине (π_T) и температурой газа перед турбиной (T_3). Управляющими воздействиями, соответственно, являются G_T – расход топлива в основную камеру сгорания, F_C – площадь выходного сечения реактивного сопла, $G_{ТФ}$ – расход топлива в форсажную камеру сгорания.

В соответствии с этим матричная передаточная функция (МПФ) авиационного ГТД вместе с исполнительным механизмом имеет следующий вид:

$$W_{ГТД}(s) = \frac{1}{(T_{ИМ}s + 1)(T_{Д}s + 1)} \times \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & -K_{13} \\ K_{21}(\tau_{21}s + 1) & K_{22}(\tau_{22}s + 1) & -K_{23}(\tau_{23}s + 1) \\ K_{31}(\tau_{31}s + 1) & -K_{32}(\tau_{32}s + 1) & K_{33}(\tau_{33}s + 1) \end{bmatrix},$$

где $T_{ИМ}$ – постоянная времени исполнительного механизма; $T_{Д}$ – постоянная времени двигателя; τ_{ij} – постоянные времени форсирования подсистем двигателя; K_{ij} – коэффициенты усиления.

Значения параметров МПФ авиационного ГТД определяются в зависимости от параметров полета – высоты полета (H , км) и скорости полета (V , М), где M – число Маха.

Параметры (H и V) значительно изменяются во время полета, что приводит к существенному варьированию параметров авиационного ГТД [1].

Очевидно, что линейный подход к проектированию МСАУ не позволит обеспечить требуемое качество управления авиационным ГТД [2].

Вследствие чего возникает необходимость в разработке новых алгоритмов управления, эффективно использующих все доступные ресурсы для достижения цели функционирования объекта управления на каждом его режиме работы с учетом обеспечения заданных технических требований.

В статье для решения выделенной проблемы предлагается использовать логические регуляторы в составе сепаратных подсистем МСАУ авиационного ГТД.

МСАУ ГТД С ЛОГИЧЕСКИМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

Перспективным направлением синтеза МСАУ такими сложными многосвязными объектами, как авиационный ГТД, является использование логических регуляторов, изменяющих как структуру, так и параметры управляющих устройств в соответствии с заданной логикой их функционирования.

Такие логические регуляторы позволяют значительно расширить возможности по целенаправленному изменению процессов управления для улучшения динамических и статических свойств системы в целом [4].

Рассмотрим МСАУ авиационным ГТД, содержащую логические регуляторы в составе сепаратных подсистем, структурная схема которой представлена на рис. 1, где $G(t)$, $U(t)$, $Y(t)$ – векторы задающей, управляющей, регулируемой координат соответственно, $\epsilon(t)$ – вектор собственной ошибки управления.

Важная задача, связанная с использованием логических регуляторов, заключается в разработке такого логического алгоритма, учитывающего структурно-параметрические особенности объекта управления при выработке управляющего воздействия, а также определяющего в достаточно простом виде связь между координатами объекта управления и требуемыми сигналами управления в данной системе.

Существует множество различных логических законов управления, например, разработанных Е. К. Шигином [1]:



Рис. 2. Структурная схема исследуемой МСАУ ГТД с двухканальным логическим регулятором

$$\varepsilon^*(t) = \begin{cases} k_1\varepsilon(t) & \text{при } \varepsilon'(t)\varepsilon''(t) > 0 \\ k_2\varepsilon(t) & \text{при } \varepsilon'(t)\varepsilon''(t) < 0 \end{cases}$$

С. В. Емельяновым [5]:

$$\varepsilon^*(t) = \begin{cases} k_1\varepsilon(t) & \text{при } (T\varepsilon'(t) + k\varepsilon(t))\text{sign}(\varepsilon) \geq 0, \\ 0 & \text{при } (T\varepsilon'(t) + k\varepsilon(t))\text{sign}(\varepsilon) < 0, \end{cases}$$

С. В. Емельяновым и А. И. Федотовой [6]:

$$\varepsilon^*(t) = \begin{cases} k\varepsilon(t) + T\varepsilon'(t) & \text{при } \varepsilon(t)\varepsilon'(t) \geq 0, \\ k\varepsilon(t) - T\varepsilon'(t) & \text{при } (k\varepsilon(t) + T\varepsilon'(t))\varepsilon'(t) < 0, \\ -k\varepsilon(t) + T\varepsilon'(t) & \text{при } (k\varepsilon(t) + T\varepsilon'(t))\varepsilon(t) < 0. \end{cases}$$

и другими.

Общим для существующих логических алгоритмов является то, что анализ характера функционирования объекта управления основывается на дискретном анализе функции ошибки регулирования $\varepsilon(t)$ и ее производных $\varepsilon'(t)$, $\varepsilon''(t)$, что позволяет обеспечивать некоторую нечувствительность качества процессов управления к изменению параметров объекта управления.

Однако данные логические алгоритмы разработаны для управления одним регулируемым параметром, и не позволяют учитывать взаимовлияние отдельных подсистем, что характерно для МСАУ СДО в целом, и МСАУ ГТД в частности.

Для решения выделенной проблемы предлагается использовать двухканальный логический регулятор, вырабатывающий управляющее воздействие для каждой отдельной подсистемы с учетом влияния перекрестных связей на динамику изменения выходных величин. Структура такой МСАУ представлена на рис. 2., где $U^*(t)$ – векторы логически скорректированной управляющей координаты.

Принцип функционирования предлагаемого двухканального логического регулятора, структурная схема которого представлена на рис. 3, основывается на интеграции основного логического алгоритма управления отдельной подсистемой, изменяющего сигнал ошибки управления исходя из анализа как текущего состояния, так и прогнозируемого состояния, и дополнительного логического алгоритма, формирующего дополнительные искусственные

перекрестные связи между отдельными подсистемами с целью координации и согласования движения МСАУ в целом.

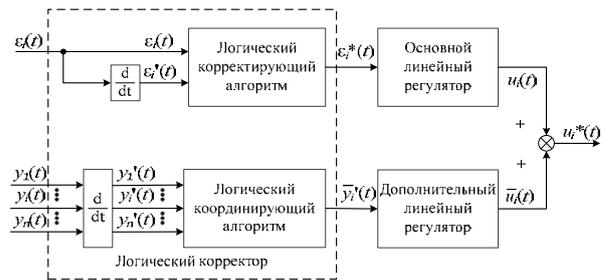


Рис. 3. Структурная схема двухканального логического регулятора для i -й подсистемы

Логический корректирующий алгоритм [7] вырабатывает основную логическую ошибку $\varepsilon_i^*(t)$ на основе дискретного анализа текущей ошибки управления $\varepsilon_i(t)$ собственной i -й отдельной подсистемы и динамики ее изменения $\varepsilon_i'(t)$:

$$\varepsilon_i^*(t) = \begin{cases} \varepsilon_i(t) & \text{при } (\varepsilon_i(t)\varepsilon_i'(t) \leq 0) \wedge (\varepsilon_i(t)\varepsilon_i^{\text{ПП}}(t) \geq 0), \\ \varepsilon_i(t) + T_{\text{Л}}\varepsilon_i'(t) & \text{при } (\varepsilon_i(t)\varepsilon_i'(t) \leq 0) \wedge (\varepsilon_i(t)\varepsilon_i^{\text{ПП}}(t) < 0), \\ K_{\text{Л}}\varepsilon_i(t) + T_{\text{Л}}\varepsilon_i'(t) & \text{при } (\varepsilon_i(t)\varepsilon_i'(t) > 0), \end{cases}$$

где $T_{\text{Л}}$ и $K_{\text{Л}}$ – параметры логического алгоритма управления, $\varepsilon_i^{\text{ПП}}(t)$ – прогнозируемое значение ошибки управления $\varepsilon_i^*(t)$: $\varepsilon_i^{\text{ПП}}(t) = K_{\text{Л}}\varepsilon_i(t) + T_{\text{Л}}\varepsilon_i'(t)$.

Логический координирующий алгоритм [8] формирует координирующую связь $\bar{u}_i(t)$ на основе логического сигнала $\bar{y}_i'(t)$, полученного исходя из логического сравнительного анализа динамики движения $y_i(t)$ собственной i -й отдельной подсистемы с динамикой движения $y_j'(t)$ остальных j -х отдельных подсистем:

$$\bar{y}_i'(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } (y_i'(t)y'(t) \geq 0) \wedge (y_i^{\text{ОТ}}(t) \leq 0), \\ -\alpha_{\text{Л}}y'(t) & \text{при } (y_i'(t)y'(t) \geq 0) \wedge (y_i^{\text{ОТ}}(t) > 0), \\ \alpha_{\text{Л}}y'(t) & \text{при } (y_i'(t)y'(t) < 0), \end{cases}$$

где $\alpha_{\text{Л}}$ – параметр логического алгоритма управления, $y'(t)$ – динамика лидера среди j -х отдельных подсистем: $y'(t) = \max(y_j'(t))$, $j=1, \dots, n, j \neq i$, $y_i^{\text{ОТ}}(t)$ – отклонение динамики движения собственной i -й отдельной подсистемы от динамики движения «лидера»: $y_i^{\text{ОТ}}(t) = y_i'(t)(y_i'(t) - y'(t))$.

Предложенный двухканальный логический регулятор позволяет формировать управляющий сигнал для каждой сепаратной подсистемы МСАУ с учетом влияния остальных подсистем.

Проведем оценку качества логического управления многосвязным динамическим объектом на примере одновального ТРДФ, функционирующим в условиях параметрической неопределенности.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ГТД

Решим задачу оценки эффективности предложенного двухканального логического регулятора в составе сепаратных подсистем МСАУ ГТД при изменении параметров полета относительно стендового режима ($H = 0$ км, $V = 0$ М).

Авиационный ГТД как многосвязный объект управления (с тремя регулируемыми координатами (n, π_T, T_3) и тремя управляющими воздействиями ($G_T, F_C, G_{ТФ}$) соответственно) на стендовом режиме описывается следующей матричной передаточной функцией с учетом постоянной времени $T_{ИМ} = 0,4$ с аperiodического исполнительного механизма:

$$W_{OY}(s) = \frac{1}{0,24s^2 + s + 1} \times \begin{bmatrix} 0,5 & 0,6 & -0,15 \\ 0,25(0,25s + 1) & 0,6(0,4s + 1) & -0,1(0,35s + 1) \\ 0,8(0,38s + 1) & -0,68(0,19s + 1) & 0,13(0,23s + 1) \end{bmatrix}$$

Для регулируемых координат МСАУ ГТД на стендовом режиме зададим следующие технические требования к качеству функционирования: астатизм $\nu = 1$, время регулирования $t_p < 5$ с, перерегулирование $\sigma = 0\%$.

В соответствии с заданными техническими требованиями рассчитаны параметры основного многомерного линейного регулятора:

$$W_{REG}(s) = \frac{0,6s + 1}{(0,1s + 1)s} \begin{bmatrix} 1,4 & 0 & 0 \\ 0 & 2,5 & 0 \\ 0 & 0 & 9 \end{bmatrix}$$

Параметры логического корректора для каждой сепаратной подсистемы рассчитаны из условия согласования и стабилизации всех выходных координат:

- сепаратная подсистема, управляющая частотой вращения ротора турбокомпрессора (n): $T_L = 0,6$ с, $K_L = 1$, $\alpha_L = 0,2$;

- сепаратная подсистема, управляющая степенью понижения давления на турбине (π_T): $T_L = 0,5$ с, $K_L = 2$, $\alpha_L = 0,35$;

- сепаратная подсистема, управляющая температурой газов перед турбиной (T_3): $T_L = 0,8$ с, $K_L = 4$, $\alpha_L = 0,3$.

В соответствии со структурой двухканального логического регулятора (рис. 3), дополнительный линейный регулятор в составе каждой i -й сепаратной подсистемы описывается следующей заданной передаточной функцией:

$$R_i(s) = \frac{1}{s}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Графики переходных процессов выходной координаты $Y(t)$ в исследуемой МСАУ авиационным одновальным ТРДФ с предложенным двухканальным логическим регулятором представлены на рис. 4.

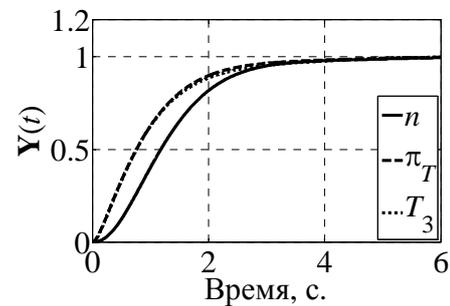


Рис. 4. Графики переходных процессов $Y(t)$ в исследуемой МСАУ одновальным ГТД на стендовом режиме

Видно, что исследуемая МСАУ с предложенными двухканальными логическими регуляторами обеспечивает требуемое качество управления авиационным ГТД на стендовом режиме.

Рассмотрим два режима функционирования авиационного ГТД, соответствующих следующим условиям полета:

- точка P_1 ($H = 7$ км, $V = 1$ М), в которой авиационный ГТД описывается следующей МПФ:

$$W_{OY}(s) = \frac{1}{0,31s^2 + 1,19s + 1} \times \begin{bmatrix} 0,65 & 0,6 & -0,19 \\ 0,32(0,33s + 1) & 0,6(0,52s + 1) & -0,13(0,46s + 1) \\ 1,05(0,5s + 1) & -0,69(0,25s + 1) & 0,17(0,3s + 1) \end{bmatrix}$$

точка P_2 ($H = 22$ км, $V = 2,5$ М), в которой авиационный ГТД описывается следующей МПФ:

$$W_{OY}(s) = \frac{1}{0,56s^2 + 1,81s + 1} \times \begin{bmatrix} 0,9 & 0,78 & -0,27 \\ 0,34(0,59s + 1) & 0,6(0,94s + 1) & -0,14(0,82s + 1) \\ 1,88(0,89s + 1) & -1,15(0,33s + 1) & 0,3(0,54s + 1) \end{bmatrix}$$

Графики переходных процессов $Y(t)$ в исследуемой МСАУ ГТД без двухканального логического регулятора при единичном ступенчатом входном сигнале для каждой выделенной точки P_{1-2} представлены на рис. 5 и рис. 6 соответственно.

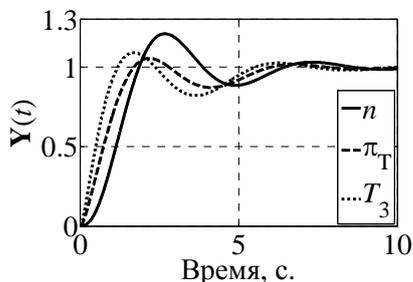


Рис. 5. Графики переходных процессов $Y(t)$ в МСАУ ГТД без логических регуляторов при $H = 7$ км, $V = 1$ М (точка P_1)

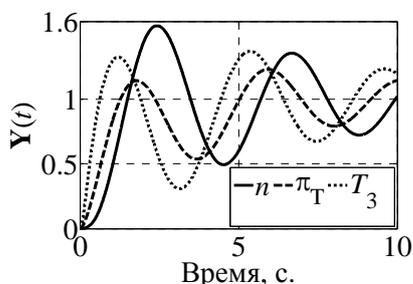


Рис. 6. Графики переходных процессов $Y(t)$ в МСАУ ГТД без логических регуляторов при $H = 22$ км, $V = 2,5$ М (точка P_2)

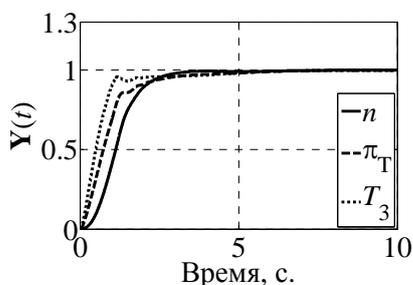


Рис. 7. Графики переходных процессов $Y(t)$ в МСАУ ГТД с логическими регуляторами при $H = 7$ км, $V = 1$ М (точка P_1)

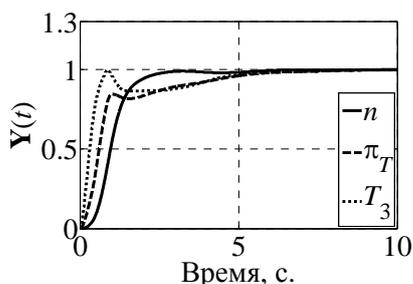


Рис. 8. Графики переходных процессов $Y(t)$ в МСАУ ГТД с логическими регуляторами при $H = 22$ км, $V = 2,5$ М (точка P_2)

Очевидно, что линейный алгоритм управления не позволяет сохранить качество управления авиационным ГТД при изменении условий полета. Однако введение двухканальных логических регуляторов позволяет существенно улучшить качество управления одновальным ТРДФ при неизменной управляющей части, что видно по рис. 7 и рис. 8 для точек P_1 и P_2 соответственно.

Таким образом, по результатам проведенного имитационного моделирования МСАУ авиационным ГТД на примере одновального ТРДФ установлено, что предложенный двойной логический алгоритм управления позволяет значительно повысить качество управления на различных режимах полета летательного аппарата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье представлены результаты исследования предложенного двухканального логического регулятора в составе МСАУ авиационным ГТД, подтверждающие эффективность предложенного подхода к управлению сложным динамическим объектом, функционирующим в условиях параметрической неопределенности.

Разработанный двойной логический алгоритм отличается учетом не только динамики выходных координат, но и влияния перекрестных связей при формировании сигнала управления для каждой сепаратной подсистемы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ 14-08-97056 р_поволжье_a, 14-08-01019 А, 15-08-01146 А).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оптимизация многомерных систем управления газотурбинных двигателей летательных аппаратов / Под общ. ред. А. А. Шевякова и Т. С. Мартыановой. М.: Машиностроение, 1989. 256 с. [A. A. Shevjakov, et al., Optimization of multivariable control systems of gas turbine aircraft engines, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 1989.]
2. Интеллектуальные системы управления и контроля газотурбинных двигателей / под ред. акад. С. Н. Васильева. М.: Машиностроение, 2008. 550 с. [S. N. Vasiliev, et al., Intelligent control and monitoring systems of gas turbine engines, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 2008.]
3. Wang Q.-G., Nie Z.-Y. PID Control for MIMO Processes // PID Control in the Third Millennium: Lessons Learned and New Approaches, Advances in Industrial Control. London: Springer-Verlag London, 2012. P. 177–204. [Q.-G. Wang, Z.-Y. Nie, "PID Control for MIMO Processes", in PID Control in the Third Millennium: Lessons Learned and New Approaches, Advances in Industrial Control. London: Springer-Verlag London, 2012. P. 177–204.]

4. **Расчетное** исследование динамической характеристики одновального турбореактивного двигателя / Д. А. Ахмедзянов [и др.] // Вестник УГАТУ. 2011. Т. 15, № 1 (41). С. 15–25. [D. A. Akhmedzianov, Y. M. Akhmetov, A. B. Kozlovskaja, A. E. Mikhailov, "Estimated investigation of the dynamic characteristics of single-shaft turbojet," (in Russian), in *Vestnik UGATU*, vol. 15, no. 1 (41), pp. 15-25, 2011.]

5. **Емельянова С. В.** Применение нелинейных корректирующих устройств типа «Ключ» для улучшения качества систем автоматического регулирования второго порядка // Автоматика и телемеханика. 1959. Т. 20, №. 7. С. 867–883. [S. V. Emeljanov, "Use of nonlinear compensation «key»-type devices to improve the quality of the second-order automatic control systems" (in Russian), in *Avtomat. i Telemekh.*, vol. 20, no. 7, pp. 867-883, 1959.]

6. **Емельянов С. В., Федотова А. И.** Построение оптимальных систем автоматического регулирования второго порядка с использованием предельных значений коэффициентов усиления элементов контура регулирования // Автоматика и телемеханика. 1960. Т. 21, №. 1. С. 56–63. [S. V. Emeljanov, A. I. Fedotova, "Design of second order optimum control systems using limited gains of control circuit elements" (in Russian), in *Avtomat. i Telemekh.*, vol. 21, no. 1, pp. 56-63, 1960.]

7. **Ильясов Б. Г., Саитова Г. А., Сабитов И. И.** Логический закон управления сепаратной подсистемой при структурно-параметрических изменениях многосвязного объекта // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2014. № 11. С. 585–595. [B. G. Ilyasov, G. A. Saitova, I. I. Sabitov, "Logical control algorithm for the separate subsystem with structural-parametric changes in multivariable object" (in Russian), in *Science and Education of the Bauman MSTU*, no. 11, pp. 585-595, 2014.]

8. **Ильясов Б. Г., Сабитов И. И.** Синтез многосвязных систем автоматического управления с логическими связями между подсистемами // Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал [Электронный ресурс]. 2015. № 1. Дата публикации: 27.02.2015. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2015/1/251.pdf> (дата обращения: 15.11.2015). [B. G. Ilyasov, I. I. Sabitov, "Synthesis of multivariable automatic control systems with the logical relations between subsystems" [Online], (in Russian), in *Modern problems of science and education*. Available: <http://www.science-education.ru/pdf/2015/1/251.pdf>]

ОБ АВТОРАХ

ИЛЬЯСОВ Барый Галеевич, проф. каф. техн. кибернетики. Дипл. инж.-э/мех. по авиац. э/оборуд. ЛА (МАИ, 1962). Д-р техн. наук по сист. анализу и авт. упр. (ЦИАМ, 1983). Засл. деят. науки и техн. РФ, чл.-кор. АН РБ, Иссл. в обл. сист. анализа, упр. в техн. и соц.-экон. системах.

САИТОВА Гузель Асхатовна, доц. каф. техн. кибернетики. Дипл. инж. по автоматиз. процессов обр. и выдачи инф. (УАИ, 1986). Канд. техн. наук по сист. анализу, упр. и обр. инф. (УГАТУ, 2003). Иссл. в обл. многосвязн. систем управ.

САБИТОВ Искандер Ильдарович, асп. каф. техн. кибернетики. Дипл. магистр-инж. по сист. анализу и упр. (УГАТУ, 2013). Иссл. в обл. лог. упр. в многосвязн. системах.

METADATA

Title: The application of logical controller for aircraft gas turbine engine control.

Authors: B. G. Ilyasov¹, G. A. Saitova², I. I. Sabitov³

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (USATU), Russia.

Email: ¹ilyasov@tc.ugatu.ac.ru, ²saitova@bk.ru, ³iskra1990@gmail.com

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 19, no. 4 (70), pp. 132-137, 2015. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The application of logical controllers as part in multivariable automatic control system of such complicated dynamic object as the aircraft gas turbine engine is discussed. Proposed the structure and work algorithm of two-channel logical controller that takes into account not only the dynamics of each separate subsystem, but also their interconnections in the formation of the control action. The effectiveness of approach is illustrated on an example of multivariable automatic control system of aircraft single-shaft gas turbine engine.

Key words: logical control algorithm; multivariable automatic control system; multidimensional dynamic object; aircraft gas turbine engine; two-channel logical controller.

About authors:

ILYASOV, Bary Galeevich, the honored worker in sci. and tech., corresponding member of the acad. of Sci. of Bashkor. Republ., Prof. of tech. cybernetics department. Electromechanical engineer on aviation electrical system of aircraft (MAI, 1962). Dr. of Tech. Sci. (CIAM, 1983).

SAITOVA, Guzel Ashatovna, associate professor of tech. cybernetics department. Engineer on automation of information processing and providing (UAI, 1986). Cand. of Tech. Sci. (USATU, 2003).

SABITOV, Iskander Ildarovich, Postgrad. (PhD) student of tech. cybernetics department. Master in engineering of system analysis and control (USATU, 2013).