Библиографические ссылки

1. Research report. 16th Satellite Communication & Broadcasting Markets Survey. Forecasts to 2018. Through & Beyond the Crisis // Euroconsult. 2009. P. 418.
2. Головков В. В., Алексеев Р. А., Кузовников А. В. Обзорная статья, посвященная системам спутниковой связи и краткому анализу расчета энергетики несанкционированных радиосигналов на борту типового космического аппарата-ретранслятора // Международная IEEE-Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2015. 2015. С. 45–50.
3. Дятлов А. П. Системы спутниковой связи с подвижными объектами : учеб. пособие. Таганрог : ТРТУ, 1997. 95 с.
4. Черноусов А. В., Кузовников А. В., Сомов В. Г. Исследование воздействия помех на широкополосный сигнал // Радиотехника. 2013. № 6. С. 85–88.
5. Черноусов А. В., Кузовников А. В., Сомов В. Г. Принципы организации адаптивной системы широкополосной связи с использованием вейвлет-модулирующих функций // Электросвязь. 2014. № 12. С. 12–15.

References

1. Research report. 16th Satellite Communication & Broadcasting Markets Survey. Forecasts to 2018. Through & Beyond the Crisis // Euroconsult. 2009. P. 418.
2. Golovkov V. V., Alekseev R. A., Kuzovnikov A. V. Obzornaja stat'ja, posvjashhennaja sistemam sputnikovoj svjazi i kratkomu analizu rascheta jenergetiki nesankcionirovannyh radiosignalov na bortu tipovogo kosmicheskogo apparata-retransljatora // Mezhdunarodnaja IEEE-Sibirskaja konferencija po upravleniju i svjazi SIBCON-2015. 2015. P. 45–50.
3. Djatlov A. P. Sistemy sputnikovoj svjazi s podvizhnymi ob#ektami: Uchebnoe posobie. Taganrog : TRTU, 1997. 95 p.
4. Chernousov A. V., Kuzovnikov A. V., Somov V. G. Issledovanie vozdejstvija pomeh na shirokopolosnyj signal // Radiotehnika. 2013. № 6. P. 85–88
5. Chernousov A. V., Kuzovnikov A. V., Somov V. G. Principy organizacii adaptivnoj sistemy shirokopolosnoj svjazi s ispol'zovaniem vejvlet-modulirujushhih funkcij // Jelektrosvjaz'. 2014. № 12. P. 12–15.

© Кузовников А. В., Черноусов А. В., Сомов В. Г., 2016

УДК 681.51

МНОГОСВЯЗНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ОГРАНИЧЕНИЕМ НОРМАЛЬНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ

Л. М. Неугодникова*, В. И. Петунин

Уфимский государственный авиационный технический университет
Российская Федерация, 450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12
E-mail: *Grifon_Love@mail.ru

Рассматривается задача ограничения нормальной перегрузки при согласованном управлении движением летательного аппарата. Показано, что включение дополнительного контура обеспечивает необходимое ограничение и плавное переключение каналов.

Ключевые слова: многосвязные системы, ограничение нормальной перегрузки, селектор, летательный аппарат.

AIRCRAFT MOTION MULTIVARIABLE CONTROL SYSTEM WITH NORMAL OVERLOAD RESTRICTION

L. M. Neugodnikova*, V. I. Petunin

Ufa State Aviation Technical University
12, K. Marx Street, Ufa, The Republic of Bashkortostan, 450008, Russian Federation
E-mail: *Grifon_Love@mail.ru

The task of normal overload restriction during coordinated aircraft longitudinal motion control is considered. It is shown, that the extra contour addition provides the needful restriction and smooth channels switching. Simulation results are given.

Keywords: multivariable systems, normal overload restriction, selector, aircraft.

Современные летательные аппараты (ЛА) представляют собой сложные системы, при управлении которыми необходимо учитывать взаимосвязанность регулируемых величин. При согласованном управлении несколькими параметрами движения ЛА с помощью многосвязных систем автоматического управления (МСАУ) проблема ограничения опасных значений остается актуальной [1]. Одним из методов ее решения является включение в МСАУ дополнительного контура ограничения.

Рассмотрим синтез МСАУ продольным движением ЛА. Пусть требуется независимо управлять скоростью v и углом наклона траектории θ с помощью тяги двигателя P и руля высоты $\delta_в$ соответственно при ограничении нормальной перегрузки n_y (рис. 1).

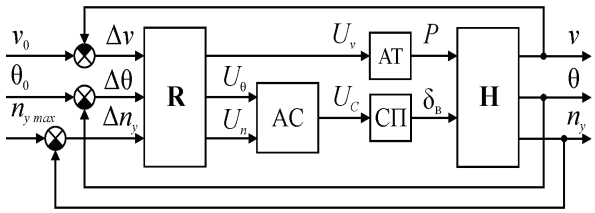


Рис. 1. Схема включения контура ограничения в МСАУ

Для этого проведем отдельно синтез канала 1–2 для управления v и θ и канала 1–3 для управления v и n_y. Заданное значение скорости $v_{зад}$ подается одновременно в оба канала. Заданное значение по углу наклона траектории $\theta_{зад}$ подается в первый, а сигнал заданного максимального значения нормальной перегрузки $n_{y\,max}$ – во второй канал. Основным является канал 1–2, регулирующий параметры v и θ, выходное значение n_y отрабатывается непрерывно. Блок регуляторов R выдает три сигнала: управляющий сигнал по скорости U_v поступает на автомат тяги АТ, а управляющие сигналы по углу наклона траектории U_θ и управлению перегрузкой U_n – на селектор минимума АС, выходной сигнал которого U_C поступает на сервопривод руля высоты СП. При $U_\theta > U_n$ АС подключает второй канал, регулирующий параметры v и n_y.

В общем виде уравнения системы регулирования МСАУ имеют вид

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{X} = \mathbf{B}\cdot\mathbf{U},$$

где **A** – матрица коэффициентов объекта регулирования; **X** – вектор-столбец регулируемых величин; **B** – матрица коэффициентов управляющих воздействий; **U** – вектор-столбец регулирующих воздействий, тогда передаточная матрица объекта регулирования будет иметь вид

$$\mathbf{H} = \mathbf{B}\cdot\mathbf{A}^{-1}.$$

Запишем передаточные матрицы объекта регулирования для согласованного управления v и θ (H_{12}) и управления v при ограничении n_y (H_{13}) [2]:

$$\mathbf{H}_{12} = \begin{vmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{vmatrix}; \quad \mathbf{H}_{13} = \begin{vmatrix} H'_{11} & H_{13} \\ H_{31} & H_{33} \end{vmatrix}.$$

При этом передаточные функции автономных каналов связаны соотношениями

$$H'_{11} = H_{11}; \quad H_{13} = H_{12};$$

$$H_{31} = H_{21}\frac{vp}{g}; \quad H_{33} = H_{22}\frac{vp}{g},$$

где p – оператор Лапласа; g – ускорение свободного падения; величины с индексом 11 обозначены штрихом для отличия от аналогичных обозначений в канале 1–2.

Используя подход, описанный в [3], запишем выражения для регуляторов канала 1–2:

$$R_{11} = W_v^*\left(\frac{H_{22}}{H_{11}H_{22} - H_{21}H_{12}}\right);$$

$$R_{12} = -R_{22}\frac{H_{12}}{H_{11}};\ R_{21} = -R_{11}\frac{H_{21}}{H_{22}};$$

$$R_{22} = W_\theta^*\left(\frac{H_{11}}{H_{11}H_{22} - H_{21}H_{12}}\right).$$

Тогда выражения для регуляторов канала 1–3 примут вид

$$R'_{11} = R_{11};\ R_{13} = -R_{33}\frac{H_{13}}{H'_{11}} = -R_{33}\frac{H_{12}}{H_{11}};$$

$$R_{31} = -R'_{11}\frac{H_{31}}{H_{33}} = -R'_{11}\frac{H_{21}}{H_{22}};\ R_{33} = R_{22}W_n^*\frac{g}{Vp},$$

где W^*_v, W^*_θ, и W^*_n – желаемые передаточные функции разомкнутых систем по скорости, углу наклона траектории и контуру ограничения перегрузки соответственно.

Результаты моделирования. Моделирование описанной МСАУ было проведено в системе MatLab [4]. На рис. 2 показаны графики переходных процессов, полученные при моделировании МСАУ для легкого самолета [5] при $n_{y\,max} = 2$. Перерегулирование $n_{y\,max}$ не превышает 2 %, что вполне допустимо. Кроме переходных процессов по скорости v и углу наклона траектории θ на рис. 2 показан сигнал включения селектора L.

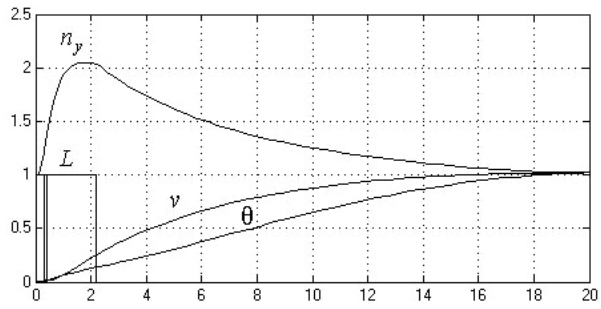


Рис. 2. Переходные процессы в МСАУ продольным движением ЛА

Эффективным средством управления движением ЛА являются МСАУ с ограничением параметров. Включение дополнительного контура ограничения с помощью алгебраического селектора позволяет ограничивать предельные значения параметров движения ЛА, сохраняя хорошее качество переходных процессов в системе, что подтверждается результатами моделирования.

Библиографические ссылки

1. Петунин В. И. Синтез логико-динамических систем автоматического управления газотурбинными двигателями на основе согласования и адаптации каналов управления : дис. … д-ра техн. наук. Уфа : УГАТУ, 2011. 332 с.

2. Динамика полета : учебник для студентов высших учебных заведений / А. В. Ефремов, В. Ф. Захар-

ченко, В. Н. Овчаренко и др. М. : Машиностроение, 2011. 776 с.

3. Гуськов Ю. П., Загайнов Г. И. Управление полетом самолетов : учебник для авиационных вузов. М. : Машиностроение, 1980. 213 с.

4 Albertos P., Antonio S. Multivariable Control Systems: An Engineering Approach. Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, Springer-Verlag London, 2004.

5. ОАО «Уральский завод гражданской авиации» – самолеты Diamond Aircraft [Электронный ресурс] URL: http://uwca.ru (дата обращения 20.03.2015).

References

1. Petunin V. I. *Sintez logiko-dinamicheskih sistem avtomaticheskogo upravlenija gazoturbinnymi dvigateljami na osnove soglasovanija i adaptacii kanalov upravlenija* : dis.dokt. tehn. nauk [Gas-turbine engines logic-dynamic automatic control systems synthesis based on control channels matching and adaptation] Ufa: USATU, 2011. 332 p. (In Russ.)

2. Efremov A. V., Zaharchenko V. F., Ovcharenko V. N. *Dinamika poleta: Uchebnik dlja studentov vysshih uchebnyh zavedenij* [Flight dynamics: Textbook for university students]. Moskow : Mashinostroenie publ., 2011. 776 p. (In Russ.)

3. Gus'kov Ju. P., Zagajnov G. I. Aircraft flight control: Textbook for university students. – Moskow, Mashinostroenie publ., 1980, 213 p. (In Russ.)

4 Albertos P., Antonio S. Multivariable Control Systems: An Engineering Approach. Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, Springer-Verlag London, 2004.

5. Ural works of civil aviation – Diamond Aircrafts Available at: http://uwca.ru (accessed 20.03.2015).

© Неугодникова Л. М., Петунин В. И., 2016

УДК 621

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ СИСТЕМЫ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ НА БАЗЕ SYSTEMVIEW (SYSTEMVUE)

Д. М. Орлов, А. С. Кудряшов

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Российская Федерация, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 40
E-mail: rts2_golikov@mail.ru

Главное преимущество спутниковой связи – возможность осуществлять связь в любой точке мира, даже в самых отдаленных от цивилизации местах. Для российских условий это особенно актуально, ведь в нашей стране телекоммуникационные сети развиты далеко не повсеместно.

Ключевые слова: передатчик, нисходящая линия связи, бортовой усилитель мощности, модуляция, соотношение сигнал/ шум.

RESERCH SECURE SATELLITE COMMUNICATION SYSTEM IN SYSTEMVIEW (SYSTEMVUE)

D. M. Orlov, A. S. Kudryashov

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics
40, Lenina Av., Tomsk, 634050, Russian Federation
E-mail: rts2_golikov@mail.ru

The main advantage of satellite communications is the ability to communicate anywhere in the world, even in the most remote from civilization places. For Russian conditions, it is especially important, because in our country telecommunication network development is not everywhere.

Keywords: the transmitter, the downlink, the onboard power amp, modulation, signal/ noise ratio.

В ходе работы была построена полномасштабная модель нисходящей линии связи (НхЛС), в состав которой включены передатчик и антенная система БСА, трасса с учётом типовых значений затухания сигнала, антенна наземной станции, малошумящий усилитель приёмного устройства, полосовой фильтр и демодулятор сигнала с квадратурной ФМ2.

Моделирование проводилось в среде SystemVue 2011.03.

Построена модель формирования группового сигнала, распределённого между восемью частотными каналами, каждый из которых содержит парциальный сигнал с квадратурной модуляцией ФМ2. Модели формирования каждого парциального сигнала одинаковы по структуре и отличаются лишь центральной частотой канала [1].

Модель приёмного устройства включает малошумящий усилитель с шумовой температурой $T_{ш}$ = 300 К, полосовой фильтр, полоса которого больше ширины спектра группового сигнала, полосовой фильтр одного парциального канала и демодулятор квадратурного сигнала ФМ2 этого канала.