



где $F_c = K_L \cdot (L - L_{\text{прогр}}) + K_V \cdot (V_T - V_p)$ - управляющая сила в механизме развёртывания, K_L - коэффициент, характеризующий инерционность механизма; K_V и K_P - коэффициенты обратной связи системы управления; V_T - скорость троса.

В работе рассматривается нецентральное гравитационное поле, гравитационный потенциал которого, определяется следующим образом:

$$U = U_0 + U_1 + U_2 + \dots \quad (9)$$

Для практических исследований гравитационный потенциал Земли, часто записывают с учётом только трёх составляющих гравитационного потенциала (9), в следующей форме [3]:

$$U = \frac{\mu}{r} + \frac{\varepsilon}{r^3} \left(\frac{1}{2} - \sin^2 \varphi \right) + \frac{\chi}{r^5} \left(\sin^4 \varphi - \frac{6}{7} \sin^2 \varphi + \frac{3}{35} \right), \quad (10)$$

где $\varepsilon = 2.634 \cdot 10^5 \text{ км}^5 \cdot \text{с}^{-2}$, $\chi = 6.773 \cdot 10^5 \text{ км}^5 \cdot \text{с}^{-2}$

Для анализа уравнений движения центров масс концевых тел используется второй Закон Ньютона, где в правой части уравнений добавляются слагаемые связанные с действием силы упругости троса и гравитационной силой.

В ортогональной геоцентрической системе координат, гравитационные силы имеют вид:

$$\begin{aligned} G_x &= m \frac{\partial U}{\partial x}, \\ G_y &= m \frac{\partial U}{\partial y}, \\ G_z &= m \frac{\partial U}{\partial z}. \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь m - масса тела, движение которого исследуется.

Полученная математическая модель движения космической тросовой системы в нецентральном поле Земли, может быть использована для расчёта траектории развёртывания КТС, и определения начальных условий дальнейшего спуска СК в плотных слоях атмосферы.

Литература

- Осипов В.Г., Шошунов Н.Л. Космические тросовые системы: история и перспективы // Земля и Вселенная – 1998. - №4. – С. 19-29.
- Заболотнов Ю.М., Наумов О.Н. Анализ пространственного вращательного движения концевой тела при развёртывании орбитальной тросовой системы [Текст]/Ю.М. Заболотнов, О.Н. Наумов // Управление и навигация летательных аппаратов. – Самара. СГАУ, 2012 г. – С. 104-107
- Анучин О. Н., Комарова И. Э., Порфирьев Л. Ф. Бортовые системы навигации и ориентации искусственных спутников Земли. – СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ “Электроприбор”, 2004. – 326 с.



М.С. Светлов, А.А. Львов, П.В. Мартынов, М.К. Светлова

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Институт проблем точной механики и управления РАН)

Одна из наиболее актуальных задач синтеза современных цифровых информационных каналов (ИК) как совокупности каналов связи (КС) и устройств кодирования (КУ) и декодирования (ДКУ), работающих в условиях действия случайных импульсных помех большой интенсивности, – обеспечение требуемого уровня достоверности приема переданной по КС информации, определяемой помехоустойчивостью ИК. Количественно помехоустойчивость и достоверность принято оценивать значениями вероятностей исходов приема (правильный и ложный приемы, защитный отказ) при известной статистике канала. При этом основная задача повышения помехоустойчивости ИК в целом состоит в максимально возможном снижении значений вероятностей ложного приема и защитного отказа, что традиционно обеспечивается использованием корректирующих кодов при каскадном кодировании, но эффективно лишь при малых и средних значениях интенсивности случайных импульсных помех $i_{с.п.} = f_{с.п.} / f_{к} < 3$ ($f_{с.п.}$, $f_{к}$ – частоты случайной импульсной помехи и кода, соответственно). При случайных импульсных помехах большой интенсивности ($i_{с.п.} \geq 3$), кроме корректирующих кодов, как правило, используются различные способы дублирования передачи, обратные каналы, параллельные сигнальные признаки, что не только усложняет алгоритмы работы КУ и ДКУ, но и существенно снижает быстродействие и экономическую эффективность ИК [1].

В ходе проведенных исследований для повышения помехоустойчивости ИК предложены алгоритмы вторичного (защитного) кодирования и декодирования на базе кодового сигнального признака (КСП), подробно представленные в [2-3].

Особенностью кодирования с КСП является представление каждого разрядного символа используемого в общем случае K -ичного алфавита первичного канального кода (ПКК) в виде кодовых последовательностей разрядов вторичного канального кода (ВКК) существенно малой длительности τ , жестко связанных между собой фиксированными интервалами времени. При этом КУ ВКК формирует K различных рабочих двоичных n -разрядных кодовых слов, первый единичный разряд которых формируется с фиксированной начальной задержкой Δt_0 по отношению к переднему фронту каждого кодируемого КСП разрядного символа ПКК, а последующие единичные разряды формируются через интервалы времени, кратные некоторому значению времени задержки Δt .



Для обеспечения высокого уровня помехоустойчивости значения величин задержек Δt_0 и Δt должны быть строго постоянными и одинаковыми для КУ и ДКУ. При этом должно выполняться условие: $\Delta t_0 \neq k\Delta t$ (k – целочисленный коэффициент). Кроме того, формируемые кодовые слова ВКК не должны являться циклическими перестановками друг друга, а символы их первых и последних разрядов всегда должны быть единичными. При этом предполагается, что все рабочие кодовые слова имеют одинаковые значения веса: $V(A_i) = m_1$ (m_1 – число единичных символов в каждом рабочем кодовом слове), представляя собой, по сути, код с постоянным весом: $3 \leq m_1 \leq n-2$. Максимально возможное значение $(d_{min})_{max}$ минимального кодового расстояния при этом определяется как $(d_{min})_{max} = 2(m_1 - 2)$.

Каждое из A_i рабочих кодовых слов может быть представлено в виде n -членного временного ряда $A_i(t)$ с m_1 ненулевыми членами, соответствующими моментам времени $\Delta t_0 + \mu_{ij}\Delta t$ формирования на выходе КУ ВКК единичных разрядов в соответствующем кодовом слове A_i ($j = 1, 2, \dots, m_1$; $\mu_{ij} = 0, 1, 2, \dots, n-1$). По условиям формирования ВКК $\mu_{i1} = 0$, а $\mu_{im_1} = n-1$, поэтому ряд имеет вид:

$$A_i(t) = a_{i1}(t - \Delta t_0) + \sum_{j=2}^{m_1-1} a_{ij}(t - \Delta t_0 - \mu_{ij}\Delta t) + a_{im_1}[t - \Delta t_0 - (n-1)\Delta t]. \quad (1)$$

При декодировании в ДКУ ВКК кодовых слов (1), разряды условно нумеруются в порядке, обратном принятому при кодировании в КУ ВКК, а само декодирование начинается с задержкой Δt_0 относительно момента времени поступления первого единичного разряда слова $A_i(t)$. При этом алгоритм декодирования может быть записан в виде системы m_1 уравнений вида:

$$B_i(t) = A_i(t - \Delta t_0) = \sum_{j=1}^{m_1} b_{ij}(t - 2\Delta t_0 - \mu_{ij}\Delta t) \quad (2)$$

При декодировании во все моменты времени, кратные Δt , осуществляется задержка каждого разряда декодируемой серии на величину Δt . Поэтому длительность процедуры декодирования составит $2\Delta t_0 + (n-1)\Delta t$. Если ν_j и ξ_j – номера разрядов кодовых последовательностей A_i и B_i , соответственно, на которых находятся единицы, то $\mu_{ij} = \nu_j - n - 1 - \xi_j$, и система уравнений вида (2) после подстановки $t = 2\Delta t_0 + (n-1)\Delta t$ запишется как:

$$B_i(t = 2\Delta t_0 + (n-1)\Delta t) = \sum_{j=1}^{m_1} b_{ij}(\xi_j \Delta t), \quad (3)$$

откуда следует, что все m_1 единиц b_{ij} соответствующих номеров разрядов ξ_j декодируемого кодового слова B_i появляются одновременно с выходов ξ_j разрядных элементов задержек ДКУ ВКК длительностей $\Delta t_0(\xi_{n-1})$ и $\Delta t(\xi_{n-2} + \xi_0)$.



Этим в ИК надежно реализуется режим самосинхронизации, что принципиально важно в ИК с последовательным синхронным интерфейсом для обеспечения высокой информационной надежности.

Анализ ДКУ ВКК и ПКК с учетом влияния возникающего в КС потока случайных импульсных помех, рассматриваемого как пуассоновский, позволил получить математическую модель ДКУ в виде:

$$F(\text{ДКУ ВКК}) = \sum_{i=0}^{K-1} \left(\prod_{l=1}^{m_1 - \frac{d}{2}} b_{lv_1}(\xi_{l1} \Delta t) \right) \prod_{l=1}^{m_1} b_{lv_0}(\xi_{l0} \Delta t) \prod_{l=1}^{\frac{d}{2}} b_{lv_1}(\xi_{l1} \Delta t) \prod_{l=1}^{\frac{d}{2}} b_{lv_0}(\xi_{l0} \Delta t) \Phi_i \quad (4)$$

где $F(\text{ДКУ ВКК})$ – функция, реализуемая ДКУ ВКК; Φ_i – функция формирования i -го символа ПКК в ДКУ ПКК; ν_{11} и ν_{01} – соответственно, порядковые номера разрядов с единичными и нулевыми символами в кодовом слове A_i , не образующих кодового расстояния $d = d_{min}$; ν_{12} и ν_{02} – соответственно, порядковые номера разрядов с единичными и нулевыми символами в кодовом слове A_i , образующих кодовое расстояние d (в каждом из K рабочих кодовых слов по $\frac{d}{2}$ разрядов с единичными и нулевыми символами, образующих кодовое расстояние d); произведения \prod – булевы; $b_{iv} = (a_{iv} + e_{iv})_{mod 2}$, где e_{iv} – разрядные коэффициенты синхронного относительно Δt двоичного вектора ошибок, соответствующего пуассоновскому потоку импульсных случайных помех в КС.

Исходя из условий, при которых осуществляется правильный прием, фиксируются ложный прием и защитный отказ от приема кодовой серии, были получены следующие формулы определения соответствующих вероятностей $P_{\text{пр.пр.}}$, $P_{\text{л.пр.}}$, $P_{\text{з.о.}}$:

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{пр.пр.}} &= (1 - p_{10})^{m_1} \left(1 - p_{01}^{\frac{d}{2}} \right); \\ P_{\text{л.пр.}} &= (1 - p_{10})^{m_1 - \frac{d}{2}} (p_{10} p_{01})^{\frac{d}{2}}; \\ P_{\text{з.о.}} &= 1 - (1 - p_{10})^{m_1 - \frac{d}{2}} \left[(1 - p_{10})^{\frac{d}{2}} \left(1 - p_{01}^{\frac{d}{2}} \right) + (p_{10} p_{01})^{\frac{d}{2}} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

На рис. 1-3 приведены графики зависимостей вероятностей исходов приема от вероятности трансформации символов кодового слова при передаче разрядных символов кода по симметричному каналу, полученные с использованием классических формул расчета вероятностей, и графики, полученные в результате использования разработанной модели ИК. Для этого случая вероятности были вычислены по формулам (5).

Как видно из графиков на рис. 1–3, ИК с ВКК на базе КСП позволяет существенно улучшить показатели по информационной надежности в условиях действия в КС случайных импульсных помех большой интенсивности.

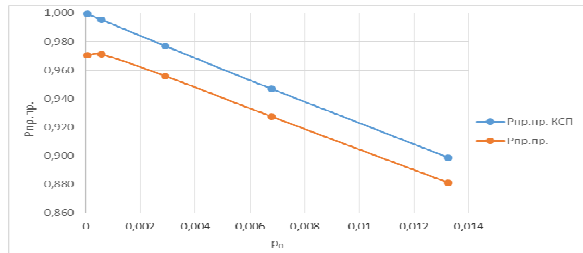


Рис.1. Графики зависимости $P_{пр.пр.} = P_{пр.пр.}$ ($p_0 = p_{01} = p_{10}$)

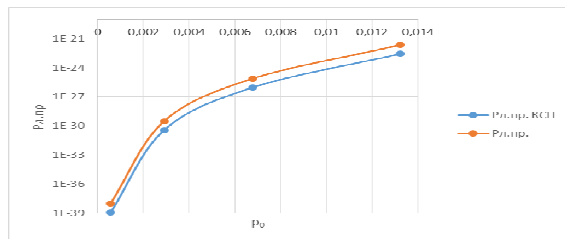


Рис. 2. Графики зависимости $P_{л.пр.} = P_{л.пр.}$ ($p_0 = p_{01} = p_{10}$)

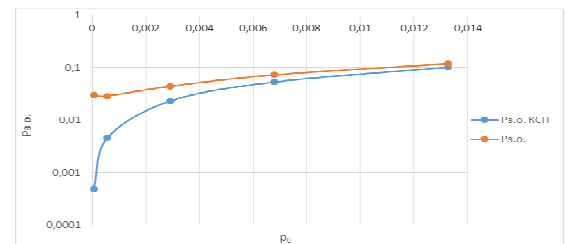


Рис. 3. Графики зависимости $P_{з.о.} = P_{з.о.}$ ($p_0 = p_{01} = p_{10}$)

Литература

1. Питерсон У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон, Э. Уэлдон, пер. с англ. под редакцией Р.Л. Добрушина и С.И. Самойленко // М.: Мир, 1976.
2. Martynov, P.V. Increasing of noise immunity in communication data systems with radio channels / P.V. Martynov, M.S. Svetlov // Bulletin of the Saratov State Technical University № 1 (64), issue 2, 2012. - P. 328-331.
3. Martynov P.V. Improvement of information reliability of digital systems with QAM/COFDM modulation / A.A. Lvov, M.S. Svetlov, P.V. Martynov // Proceedings of the 20th IMEKO TC4 International Symposium "Research on Electrical and Electronic Measurement for the Economic Upturn" and 18th IMEKO TC-4 International Workshop on ADC and DAC Modelling and Testing, Italy, Benevento, 2014. P. 478-482.



А.Д. Семенов, Д.И. Петров, А.А. Колонцаков

НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МНОГОСВЯЗНЫМИ СИСТЕМАМИ

(Пензенский государственный университет)

Введение

Системы машинных агрегатов, объединенных в организационно – технологические комплексы, широко используются в различных отраслях промышленности. Эффективная работа такой системы не возможна без согласованной работы машинных агрегатов (МА), причем в первую очередь должны быть согласованы их производительности.

Реализация алгоритма согласования производительности приводит к значительным колебаниям уровня в накопительных бункерах (НБ), что, в первую очередь, обусловлено наличием большого транспортного запаздывания между агрегатами. В некоторых случаях величина этого запаздывания может на порядок превосходить постоянные времени системы стабилизации производительности.

Построение системы регулирования производительности по каскадной схеме включения регуляторов позволяет преодолеть трудности, связанные с наличием большого запаздывания, при этом машинные агрегаты оснащаются накопительными бункерами.

Нечеткое управление многосвязными системами

Одним из самых простых способов регулирования уровня является использование трехпозиционных регуляторов, при которых обеспечивается приемлемое качество управления и минимальные затраты на создание и эксплуатацию системы. Замена трехпозиционных регуляторов регуляторами на нечеткой логике позволяет повысить качество управления при приемлемых технологических затратах [1].

Реализация системы на базе трехпозиционного регулятора, приведенная на рисунке 1, выполнена в пакете Simulink программного комплекса MATLAB.

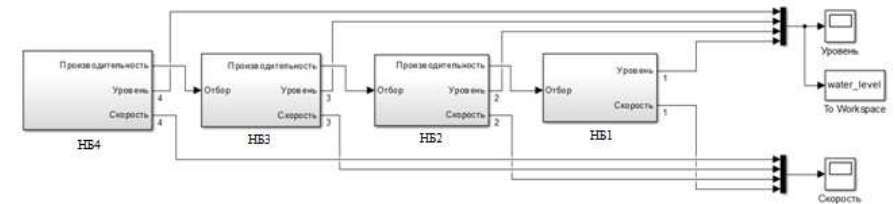


Рисунок 1 – Структура системы трехпозиционного регулирования уровня