

УДК 681.322

Доцент А.Е. Емельянов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем.

тел.: (473) 255-38-75

E-mail: emalexeg @ yandex.ru

Associate professor A.E. Emelyanov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of Information and Control Systems. phone (473) 255-38-75

E-mail: emalexeg @ yandex.ru

Программный комплекс для решения задач анализа и синтеза сетевых систем управления

Software package for solving the problems of analysis and synthesis of networked control systems

Реферат. Современные системы управления осуществляют обмен пакетами данных через сетевые каналы связи. Такие системы получили название сетевых систем управления. Одним из перспективных направлений развития сетевых систем управления является использование общих компьютерных сетей в контуре управления для информационного обмена между элементами системы. Такое построение систем управления приводит к новым проблемам. Так при проектировании и исследовании таких систем требуется объединить методы различных научных областей. В первую очередь, это области теории управления и теории связи. Однако не всегда разработчик в полной мере обладает знаниями из данных областей в одинаковой мере. Для решения инженерных задач, с целью обеспечения требуемого качества процесса функционирования, разработаны методики анализа и синтеза сетевых систем управления с передачей данных по каналу с конкурирующим методом доступа. Данные методики позволяют производить расчет вероятностно-временных характеристик процесса стохастической передачи данных по каналу с конкурирующим методом доступа, строить переходные процессы рассматриваемых систем управления, рассчитывать их качественные показатели, определять условия устойчивости сетевых систем управления и проводить оптимизацию настроечных параметров цифровых регуляторов по соответствующему критерию. Эти методики являются основой разработки программного комплекса. Предлагаемый программный комплекс позволяет проводить анализ и синтез сети, через которую осуществляется информационный обмен данными. А также осуществлять исследование сетевой системы для различных законов регулирования. Структура комплекса построена на принципах модульности, иерархичности и вложенности модулей друг в друга. Простота интерфейса позволяет использовать данное программное обеспечение пользователем, не имеющего специальной подготовки.

Summary. Modern control systems shall exchange data packets through the network channels. Such systems are called network management systems. One of the promising directions of development of network management systems is the use of common computer networks in the control loop for the exchange of information between elements of the system. Such a construction of control systems leads to new problems. So in the design and study of such systems need to combine different methods of scientific fields. First of all, it is the field of control theory and communication theory. However, not all the developer has full knowledge of these areas to the same extent. To solve engineering problems, in order to ensure the required quality of operation, developed methods of analysis and synthesis of networked control systems with data transmission over a channel with competing access methods. These techniques allow the calculation of probability-time characteristics of a stochastic process data channel with competing access methods to build transients considered control systems to calculate their qualitative characteristics, to determine the conditions of stability of network systems management and tuning parameters to optimize the digital controllers for the respective criterion. These techniques are the basis for the development of software. The proposed software system allows for the analysis and synthesis of the network through which the information data exchange. As well as to study the network system for a variety of laws regulation. Complex structure based on the principles of modularity, hierarchy and nesting modules to each other. Easy to use interface allows the software user numb special training.

Ключевые слова: сетевая система управления, модульность, программный комплекс.

Keywords: networked control system, modules, software package.

Последнее десятилетие в мире интенсивно ведутся теоретические исследования по анализу, моделированию и синтезу сетевых систем управления. В данных системах информация передается по цифровым сетям в виде пакетов данных. Использование сетевых каналов обладает рядом преимуществ: снижение затрат на монтажные работы, конфигурацию системы, простоты диагностики и обслуживания.

С другой стороны, использование сетевого канала передачи приводит и к ряду новых проблем: случайная временная задержка в процессе

передачи, вероятная потеря пакета данных, возможность асинхронной работы элементов системы. Не учет этих факторов может привести к потере устойчивости системы управления.

Однако традиционная теория управления не позволяет решить эти проблемы. Дело в том, что сетевые системы управления основаны как на теории управления, так и на теории связи. Это значительно усложняет анализ, моделирование и синтез сетевых систем управления [3-5].

© Емельянов А.Е., 2015

Для решения инженерных задач, с целью обеспечения требуемого качества процесса функционирования, разработаны методики анализа и синтеза сетевых систем управления с передачей данных по каналу с конкурирующим методом доступа. Данные методики позволяют производить расчет вероятностно-временных характеристик процесса стохастической передачи данных по каналу с конкурирующим методом доступа, строить переходные процессы рассматриваемых систем управления, рассчитывать их качественные показатели, определять условия устойчивости ССУ и проводить оптимизацию настроечных параметров цифровых регуляторов по соответствующему критерию.

Теоретические предпосылки создания программного комплекса для анализа и синтеза сетевых систем управления созданы в работах [1, 2].

Предлагаемый комплекс позволяет проводить анализ и синтез сети, через которую осуществляется информационный обмен данными. А также осуществлять исследование сетевой системы для различных законов регулирования.

Структура комплекса построена на принципах модульности, иерархичности и вложенности модулей друг в друга. Основными модулями данного комплекса являются: модуль «Исходные данные», модуль «Расчет вероятностно-временных характеристик процесса передачи данных», модуль «Расчет сетевой системы управления», модуль «База данных».

В модуле «Исходные данные» формируются и вводятся требования к проектируемой или исследуемой сетевой системе управления. Модули «Расчет вероятностно-временных характеристик процесса передачи данных» и «Расчет сетевой системы управления» взаимодействуют через модуль «База данных». При этом они имеют одинаковую структуру, состоящую из модулей «Математическое моделирование и визуализация результатов», «Проверка адекватности математической модели», «Экспериментальные исследования и визуализация результатов».

Модуль «Расчет вероятностно-временных характеристик процесса передачи данных» включает в себя три взаимодействующих между собой подмодуля (рисунок 1).

Подмодуль «Математическое моделирование и визуализация результатов» включает в себя три блока: «Моделирование состояний канала передачи», «Моделирование процесса передачи пакета данных», «Визуализация результатов». Здесь осуществляется расчет вероятностей состояний канала передачи, вероятностно-временных характеристик процесса передачи, а также определение закона распределения вероятностей времени передачи данных.

Подмодуль «Экспериментальные исследования и визуализация результатов» включает в себя четыре блока: «Эксперимент», «Статистическая обработка», «Расчет вероятностно-временных характеристик», «Визуализация результатов».

Блок «Эксперимент» включает в себя использование специально разработанной программы «Генератор трафика системы реального времени на основе протоколов случайного доступа».

Данная программа обеспечивает выполнение следующих функций:

- ввод исходных значений исследуемой системы (интенсивность формирования заявок, объем заявок, частота занятия канала, IP – адрес устройств);

- генерацию трафика системы реального времени со случайным доступом к каналу передачи;

- определение эффективной нагрузки на канал передачи (количества отправленных, полученных и потерянных сообщений).

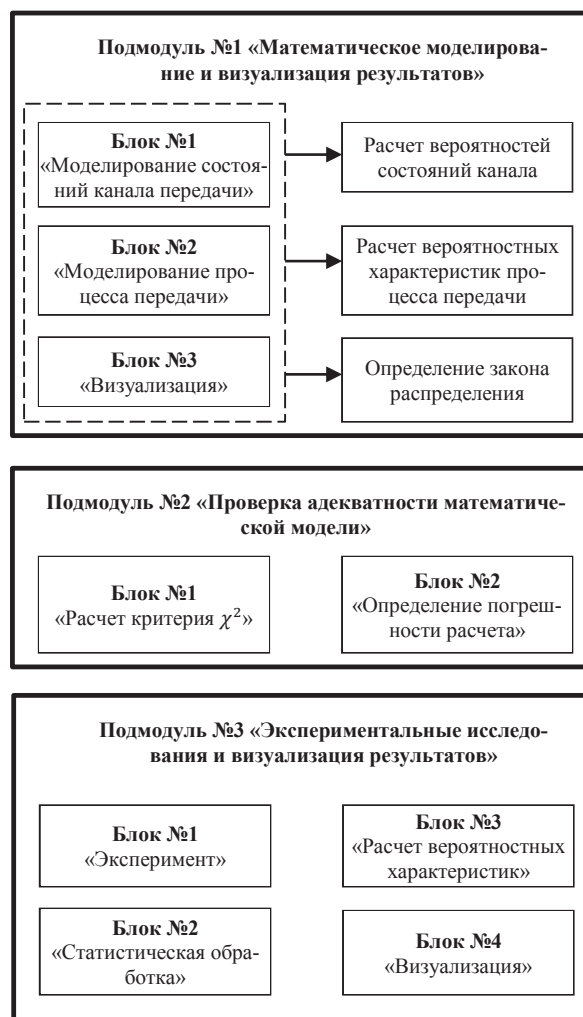


Рисунок 1. Структура модуля «Расчет вероятностно-временных характеристик процесса передачи данных»

Приложение написано на языке borland delphi 7.0 и применимо для операционных систем семейства windows. Для работы программы необходимы следующие технические средства и программное обеспечение: IBM PC совместимый компьютер, операционная система windows 2000 и выше.

Программное приложение имеет три основных режима работы:

- Сервер;
- Клиент;
- Хаотичный.

В зависимости от выбранного режима имеется возможность строить исследуемую сеть по следующим схемам:

- Один Сервер – один Клиент;
- Несколько Серверов – несколько Клиентов;
- Один Хаотичный – несколько Клиентов;
- Несколько Хаотичных – несколько Клиентов;
- Все Хаотичные.

Модуль «Расчет сетевой системы управления с передачей данных». Данный модуль включает в себя так же три подмодуля (рисунок 2).

Подмодуль «Математическое моделирование и визуализация результатов» включает в себя четыре блока: «Моделирование ССУ со случайным квантованием», «Моделирование ССУ в синхронном режиме», «Моделирование ССУ в асинхронном режиме», «Визуализация результатов».

Подмодуль «Экспериментальные исследования и визуализация результатов» включает в себя четыре блока: «Эксперимент», «Статистическая обработка», «Расчет переходных процессов и качественных показателей», «Визуализация результатов».

Разработанное программное обеспечение позволяет проводить численные и физические эксперименты при различных режимах работы системы, осуществлять анализ ее функционирования и определять области устойчивой работы. Его можно использовать как для анализа уже функционирующих систем с целью повышения эксплуатационных характеристик, так и при разработке новых информационных систем.

Модуль «Математическое моделирование и визуализация результатов» позволяет выполнять следующие функции:

- расчет переходных процессов системы управления;
- определение области устойчивости сетевой системы управления по критерию Гурвица (Джури);

- расчет качественных показателей процесса управления;
- определение оптимальных настроечных параметров цифровых регуляторов;
- графическое представление результатов.

На рисунках 3 и 4 представлены основные окна разработанной информационной системы.



Рисунок 2. Структура модуля «Расчет сетевой системы управления с передачей данных»



Рисунок 3. Основная форма информационной системы моделирования

Подмодуль «Экспериментальные исследования и визуализация результатов» содержит четыре блока: «Эксперимент», «Статистическая обработка», «Расчет переходных процессов» и «Визуализация результатов».

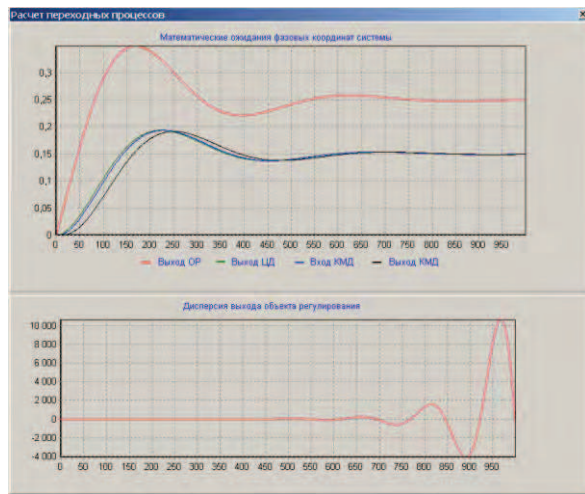


Рисунок 4. Форма графиков переходных процессов

Блок «Эксперимент» позволяет проводить исследования реально действующей сетевой системы управления с передачей данных по сетевому каналу.

ЛИТЕРАТУРА

1 Битюков В. К., Емельянов А. Е. Обобщенная математическая модель сетевой системы управления с передачей данных по каналу с конкурирующим методом доступа // Вестник ТГТУ. 2012. Т. 18. № 2. С. 319 - 326.

2 Абрамов Г.В., Емельянов А.Е., Ивашин А.Л. Анализ области применимости асинхронной математической модели цифровой системы управления // Вестник ВГТА. 2010. № 2. С. 32 – 38.

3 Heemels W., Teel A., Wouw N., Nešić D. Networked control systems with communication constraints: Tradeo's between transmission intervals, delays and performance // IEEE Transactions on Automatic Control. 2010. V. 55(8). P. 1781–1796.

4 Wu H., Lou L., Chen C.-C., Hirche S. et al. Cloud-Based Networked Visual Servo Control // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2013. V. 60. P. 554–566.

5 Zhang L, Gao H., Kaynak O. Network-Induced Constraints in Networked Control Systems - A Survey // IEEE Transactions on Industrial Informatics. 2013. V. 9. P. 403–416.

REFERENCES

1 Bitjukov V.K., Emelyanov A.E. Generalized mathematical model of the network control system with data transmission over a channel with competing access method. *Vestnik TGTU*. [Bulletin of TSTU], 2012, vol. 18, no. 2, pp. 319 – 326. (In Russ.).

2 Abramov G.V., Emelyanov A.E., Ivashin A.L. Analysis of the range of applicability of the mathematical model of the asynchronous digital control system. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2010, vol. 2, pp. 32 – 38. (In Russ.).

3 Heemels W., Teel A., Wouw N., Nešić D. Networked control systems with communication constraints: Tradeo's between transmission intervals, delays and performanc. IEEE Transactions on Automatic Control, 2010, vol. 55(8), pp. 1781–1796.

4 Wu H., Lou L., Chen C.-C., Hirche S., Kuhnlenz K. Cloud-Based Networked Visual Servo Control. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2013, vol. 60, pp. 554–566.

5 Zhang L, Gao H., Kaynak O. Network-Induced Constraints in Networked Control Systems - A Survey. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2013, vol. 9, pp. 403–416.