

УДК 004.4

DOI 10.47367/0021-3497_2022_6_171

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА
НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ**

**ON THE POSSIBILITIES OF SIMULATION AND AUTOMATED
TECHNOLOGICAL SYSTEMS ANALYSIS
OF TEXTILE PRODUCTION BASED ON
PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS**

В.В. ТЮТИКОВ¹, О.В. БЛИНОВ¹, С.Г. СТАВРОВ¹, Dr. OBEID², С.В. ЕРШОВ³

V.V. TYUTIKOV, O.V. BLINOV, S.G. STAVROV, Dr. OBEID, S.V. ERSHOV

*(Ивановский государственный энергетический университет, Россия,
SME Data Science – EMEA PlutosTech UG, Germany,
Ивановский государственный политехнический университет, Россия)*

*(Ivanovo State Power University, Russia,
SME Data Science – EMEA PlutosTech UG, Germany
³Ivanovo State Polytechnical University, Russia)*

E-mail: tvv@ispu.ru; e-mail: oleg_blinov@ro.ru; e-mail: drob@plutostech.com

Современной тенденцией развития промышленного производства является использование программируемых логических контроллеров (ПЛК) для управления производственными процессами, в том числе эта тенденция наблюдается и в текстильной промышленности. При проектировании подобных систем для управления технологическими процессами, в части разработки программного обеспечения, на производительность и качество работ специалиста в значительной степени влияют возможности используемого программного инструмента. Для выполнения подобных работ существует математическое обеспечение, предназначенное для моделирования систем управления и комплексы для разработки программного обеспечения

ПЛК, проблемно-ориентированных на решение поставленных технологических задач. Однако это, как правило, два независимых продукта. При этом часто могут возникать задачи проверки кода для ПЛК на полноценной математической модели системы управления, включающей математическое описание не только объекта управления, но исполнительного механизма, измерительного преобразователя и других элементов системы с последующим анализом качества управления. На сегодняшний день такие пакеты существуют, но имеют значительную стоимость или недостаточный функционал. В данной статье рассмотрены вопросы интеграции систем программного и математического обеспечения, позволяющих проводить моделирование и исследование функционирования программного обеспечения автоматизированных систем управления тепловыми процессами на стадии разработки программного обеспечения ПЛК.

The modern trend in the development of industry is the use of programmable logic controllers (PLC) to operate production processes, including this trend is also observed in the textile industry. When designing such systems for process control, in terms of software development, the productivity and quality of a specialist work are largely influenced by the capabilities of the software tool used. To perform such work, there is a mathematical software designed to simulate control systems and complexes for the development of PLC software problem-oriented to solve the technological problems set. However, these are usually two independent products. In this case, the problems of checking the code for the PLC on a full-fledged mathematical model of the control system, including a mathematical description of not only the control object, but the actuator, measuring transducer and other elements of the system, with subsequent analysis of the quality of control, can often arise. To date, such packages exist, but have a significant cost or insufficient functionality. This article discusses both the integration of software and software systems that allow modeling and research of the software functioning for automated control systems at the stage of developing PLC software.

Ключевые слова: моделирование, программное обеспечение, OPC-сервер, программируемый логический контроллер, VisSim, ПЛК SP PLCWinN, CODESYS, Matrikon OPC, проектирование систем автоматизации.

Keywords: simulation, software, OPC server, programmable logic controller, VisSim, PLC SP PLCWinN, CODESYS, Matrikon OPC, automation system design.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) широко применяются в сферах промышленной автоматизации разнообразных технологических процессов. Промышленные ПЛК программируются на языках стандарта МЭК 61131-3. На стадии разработки программного обеспечения для ПЛК часто возникают задачи апробации разработанной программы с учетом свойств объекта управления. Одним из способов апробации программного обеспечения ПЛК является проверка работоспособности кода,

используя методы имитационного моделирования или методы модельно-ориентированного подхода в разработке программного обеспечения ПЛК.

Есть ряд программных продуктов, которые можно использовать для таких целей, например, среда MATLAB, разработанная компанией MathWorks [1] – MATLAB это высокоуровневый язык технических расчетов, интерактивная среда разработки алгоритмов и современный инструмент анализа данных. MATLAB по сравнению с тра-

диционными языками программирования (C/C++, Java, Pascal, FORTRAN) позволяет на порядок сократить время решения типовых задач и значительно упрощает разработку новых алгоритмов. Но существуют определенные ограничения на использования данного продукта – это большая стоимость пакета и требования к ресурсам ЭВМ. На рынке ПО присутствуют еще ряд подобных систем, например, VisSim [2]. Это визуальный язык программирования встраиваемых микроконтроллеров, предназначенный для проектирования, базирующегося на моделях динамических систем. Данная среда имеет развитый графический интерфейс, и при этом студенческая версия – доступна бесплатно. Также есть и другие пакеты, поддерживающие технологию OPC, например, OpenModelica [3], [4]. В данной работе рассматривается среда VisSim.

Наряду с инструментами для моделирования сложных динамических систем (примеры которых были рассмотрены выше) существуют программные средства для разработки программного обеспечения программируемых логических контроллеров, например, CODESYS – инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации. Основой комплекса CODESYS является среда разработки прикладных программ для программируемых логических контроллеров (ПЛК). CODESYS распространяется бесплатно и может быть без ограничений установлен на нескольких рабочих местах. В составе CODESYS есть виртуальный контроллер, представляющий собой программную эмуляцию реального контроллера, что позволяет создавать проекты (в том числе с визуализацией), проводить компиляцию кода (поддерживаются все языки программирования стандарта МЭК 61131-3) и проверять его работоспособность в режиме эмулирования так, как если бы он выполнялся в реальном контроллере, за исключением привязки переменных к реальным выходам [5].

В настоящее время основным стандартом межпрограммного обмена данными в сфере промышленной автоматизации является OPC (OLE for Process Control). OPC-

технологии позволяют организовать информационный обмен данными между программами, поддерживающими данный стандарт. На основе этого стандарта организуется межпрограммное взаимодействие между средой программирования ПЛК CODESYS (виртуальным контроллером) и VisSim [6], [7]. Структурная схема взаимодействия приведена на рис. 1.

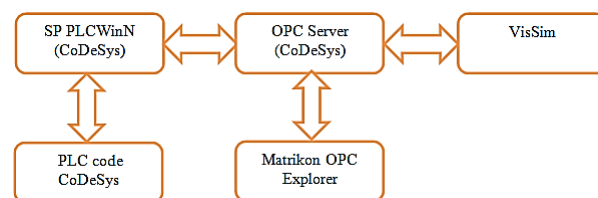


Рис. 1

В рамках единого комплекса задействуются следующие программные средства: система имитационного моделирования Vissim (для построения модели объекта регулирования); VisSim/OPC – это клиент OPC (OLE for process control), который может быть подключен к любому серверу OPC. Используя VisSim/OPC, мы можем обмениваться данными между VisSim и любым OPC-сервером с помощью блоков OPC Read и OPC Write; система класса PC-based controller (для программной реализации алгоритмов управления на языках программирования промышленных контроллеров) 3S-Smart Software® CODESYS®, включая PC-эмулятор ПЛК SP PLCWinN (при этом может быть использован и реальный контроллер) и OPC-сервер, а также Matrikon OPC Explorer [4], необходимый для контроля правильности настройки данных для межпрограммного обмена.

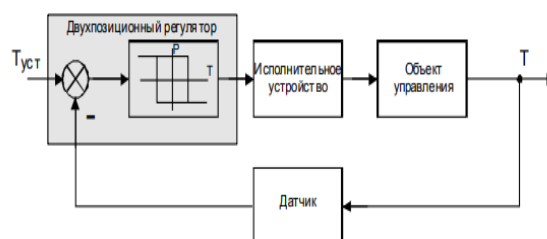


Рис. 2

Проверка работы комплекса была проведена на примере эмулирования работы

системы управления температурой теплоносителя с помощью 2-позиционного регулятора (рис. 2).

Функциональная схема системы регулирования температуры теплоносителя состоит из регулятора, исполнительного устройства, объекта управления (система теплоснабжения здания) и датчика (рис. 3).

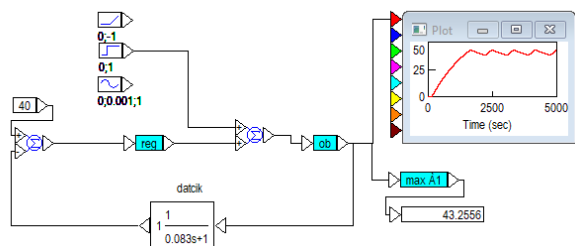


Рис. 3

На рис.3 представлена обобщенная модель системы управления температурой теплоносителя в обратном трубопроводе, моделирование которой было выполнено в среде VisSim. Здесь "reg" – модель двухпозиционного регулятора, "ob" – объект управления. Датчик температуры представлен апериодическим звеном первого порядка.

В "reg" используется блок relay, релейный регулятор температуры теплоносителя, представляющий собой логический элемент заданной нечувствительности. Регулятор сравнивает текущую температуру T , которая измеряется с помощью датчика, с заданной (из суточного графика), и в зависимости от знака рассогласования формирует управляющее воздействие. Блок "ob" – моделирует работу объекта управления. Объект управления моделируется с помощью апериодического звена (блок transfer Function) и блока timeDelay – временной задержки, тем самым моделируя запаздывание объекта управления. В качестве выходной величины используется температура теплоносителя (данная переменная является переменной OPC сервера, значение которой поступает в качестве обратной связи в SP PLCWinN), а входной величиной является значение температуры, которое необходимо поддерживать. Результаты моделирования приведены на рис. 3 (окно PLOT).

Моделирование автоматизированной системы управления теплоснабжением технологической системы [10] с регулятором, реализованном на ПЛК, выполнено в комплексе программ Vissim \longleftrightarrow OPC сервер \longleftrightarrow SP PLCWinN - 3S-Smart Software® CODESYS®. Модель представлена на рис. 4.

Управляющее воздействие формируется посредством полученного значения из блока OPC Read, который считывает данные с сервера OPC. В свою очередь в OPC-сервер эти данные поступают из виртуального контроллера SP PLCWinN, рассчитываемые программой управления. Блок Write в Vissim OPC формирует обратную связь путем передачи данных в OPC-сервер и считывания этих данных из OPC-сервера управляющей программой ПЛК SP PLCWinN, реализующей двухпозиционный закон регулирования.

Таким образом осуществляется межпрограммное взаимодействие между VisSim – средой для моделирования динамических систем и виртуального ПЛК SP PLCWinN и CODESYS – средой разработки программного обеспечения для ПЛК. Также на этапе настройки межпрограммного взаимодействия используется OPC-сервер Matrikon OPC Explorer, необходимый для контроля в режиме реального времени за переменными, участвующими в передаче данных между задействованными программными средами.

На рис. 4 на экране PLOT показаны графики процесса регулирования температуры теплоносителя в системе тепловой обработки капиллярно-пористого текстильного материала, полученные при моделировании системы в среде Vissim (синий график) и при моделировании системы управления, путем интеграции VisSim, ПЛК SP PLCWinN, и CODESYS.

Небольшое смещение графика связано с задержкой передачи данных в OPC сервере, что может больше приближать имитационную модель к реальной системе.

Корреляция графиков подтверждает работоспособность предложенной методики апробации и исследования разработанного программного обеспечения для ПЛК с

помощью интегрированного программного обеспечения, включающего среду Codesys

и среду моделирования динамических систем Vissim.

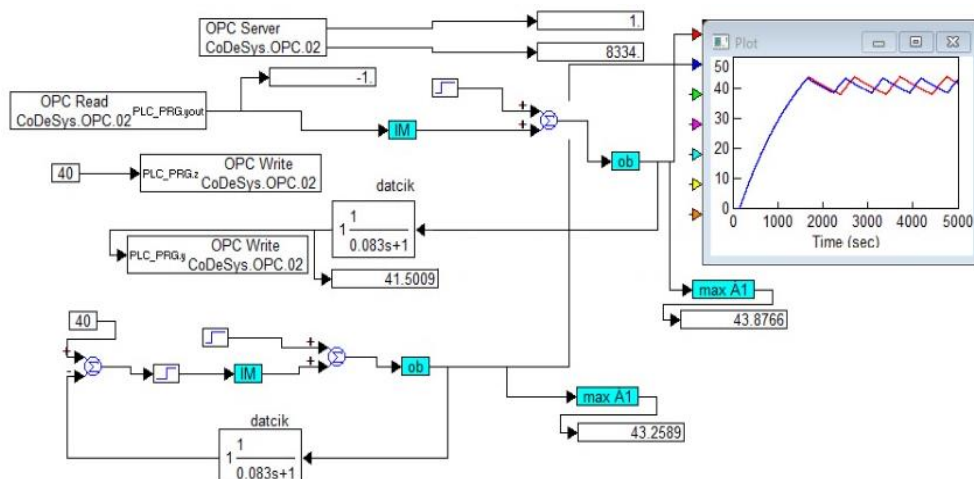


Рис. 4

Сферы применения разработанной технологии:

- разработка прототипов АСУ ТП промышленных предприятий, включая построение моделей процессов, разработку технологических программ и человеко-машинного интерфейса [10], [11]. Благодаря тому, что большинство современных ПЛК программируется на языках МЭК 61131-3, программы, составленные для PLCWinNT, после минимальных изменений и "привязки" к процессу можно загружать в реальные контроллеры [7], [8];

- разработка программных симуляторов уже имеющихся АСУ ТП для тренинга персонала [8], [9].

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа и исследования вопросов, относящихся к области программного и математического обеспечения технических средств систем управления тепловыми технологическими процессами в сфере текстильной и легкой промышленности, предложена методика интеграции средствами OPC-серверов Codesys и Matrikon OPC Explorer системы VisSim, используемой для моделирования динамических систем и среды 3S-Smart Software® CODESYS®, включая PC-эмулятор ПЛК SP PLCWinN, которая предназначена для

разработки программного обеспечения промышленных контроллеров. По предложенной методике выполнено моделирование программного обеспечения для ПЛК на примере разработки системы управления с релейным законом регулирования.

Апробация предложенной методики интеграции системы VisSim и среды 3S-Smart Software® CODESYS®, выполненной на основе OPC-серверов, подтверждает ее функциональность и предоставляет возможность для разработчиков программного обеспечения систем управления тепловыми процессами использовать более гибкие инструменты при решении проектных задач в части программного их математического обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. MATLAB – MathWorks – MATLAB & Simulink [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ch.mathworks.com>, свободный. – Загл. с экрана.
2. OpenModelica [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openmodelica.org>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3. – 3S Smart Software Solution GmbH. Русская редакция: ПК Пролог, 2006.
4. MatrikonOPC [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.matrikonopc.com>, свободный.
5. VisSim в России [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vissim.nm.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

6. *Матвеева А.А., Ставров С.Г., Блинов О.В.* Исследование программного обеспечения ПЛК с помощью среды Codesys и Vissim. Энергия-2022. Семнадцатая Всероссийская (девятая Международная) научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Том 1. – Иваново, 2022. Изд-во: Ивановский государственный энергетический университет.

7. *Капустина А.И., Блинов О.В.* Интеграция систем программного и математического обеспечения для моделирования и исследования автоматизированных систем управления. Энергия-2021. Шестнадцатая Всероссийская (восьмая Международная) научн.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Том 1. – Иваново, 2021. Изд-во: Ивановский государственный энергетический университет.

8. *Зюбин В.Е.* Программирование ПЛК: языки МЭК 61131-3 и возможные альтернативы // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005, №11. С.31...35.

9. *Большаков О.А., Рыбаков А.В.* Автоматное моделирование систем автоматизации с реализацией на ПЛК // Автоматизация в промышленности. – 2013, №10. С.60...64.

10. *Горнаков И.П., Калинин Е.Н.* Тепловая и гидродинамическая модели процесса концентрирования технологического раствора в поле действия центробежных сил // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С.151...155.

11. *Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С.* Математическое моделирование и расчетное прогнозирование вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен – средство оценки их функционально-эксплуатационного назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 4. С. 229...234.

REFERENCES

1. MATLAB – MathWorks – MATLAB & Simulink [electronic resource]. – Access mode: <https://ch.mathworks.com>, free. – Screen title.

2. OpenModelica [электронный ресурс]. – Access mode: <https://openmodelica.org>, free. – Screen title.

3. User's Guide to PLC programming in CoDeSys 2.3. – 3S Smart Software Solution GmbH. Russian edition: PC Prolog, 2006.

4. MatriconOPC [электронный ресурс]. – Access mode: <https://www.matrikonopc.com>, free.

5. VisSim в России [электронный ресурс]. – Access mode: <https://vissim.nm.ru>, free. – Screen title.

6. *Matveeva A.A., Stavrov S.G., Blinov O.V.* Exploring PLC software with Codesys and Vissim. Energy-2022. Seventeenth All-Russian (ninth international) scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists. Volume 1. Ivanovo, 2022. Publisher: Ivanovo State Power Engineering University.

7. *Kapustina A.I., Blinov O.V.* Integration of software and software systems for modeling and research of automated control systems. Energy-2021. Sixteenth All-Russian (Eighth International) Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. Volume 1. Ivanovo, 2021. Publisher: Ivanovo State Energy University.

8. *Zyubin V.E.* PLC programming: IEC 61131-3 languages and possible alternatives // "Industrial ACS and controllers". 2005. No. 11. P. 31...35.

9. *Bolshakov O.A., Rybakov A.V.* Automatic modeling of automation systems with implementation on the PLC // Automation in industry. – 2013, No. 10. P.60...64.

10. *Gornakov I.P., Kalinin E.N.* Thermal and hydrodynamic models of the process of concentrating a technological solution in the field of action of centrifugal forces // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. - Ivanovo: IGTA, 2012. - No. 6. P.151...155.

11. *Pereborova N.V., Demidov A.V., Makarov A.G., Klimova N.S.* Mathematical modeling and computational prediction of viscoelasticity of geotextile nonwoven fabrics - a means of assessing their functional and operational purpose // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, No. 4. P. 229...234.

Рекомендована кафедрой автоматизации технологических процессов ИГЭУ. Поступила 11.11.22.