УДК 004.62

Е.П. Величко, П.Ю. Сокольчик

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ О ВНЕШНИХ КАБЕЛЬНЫХ ПРОВОДКАХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Современные системы управления жизненным циклом продукции требуют формализации знаний о продукции и ее частях. Информация должна быть подготовлена для автоматизированной обработки с применением ЭВМ. В настоящее время наибольшее распространение для управления жизненным циклом продукции получили системы информационной поддержки изделия ИПИ/CALS (Информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий/Computer-Aided Acquisition and Lifecycle Support). Для этих систем необходимо формализовать данные о продукции таким образом, чтобы эти данные можно было использовать для хранения и использования в CALS-системах.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) можно рассматривать как изделие, имеющее протяженный жизненный цикл, требующее эффективного управления. При этом АСУТП представляет собой сложную систему, включающую в себя различные подсистемы, группы разнородных элементов и др. В этом случае при анализе и представлении данных удобно использовать объектно-ориентированный подход, позволяющий, в том числе, описывать отдельные подсистемы и элементы АСУТП.

В качестве примера элемента АСУТП, для которого выполнено построение информационной модели, выбраны внешние кабельные и трубные проводки, информация о которых производится и/или используется практически на всех стадиях жизненного цикла (проектные стадии, ввод в действие, эксплуатация). Основой для представления данных о внешних проводках выбран язык представления данных об изделии и обмена этими данными Express и Express-G ГОСТ Р ИСО 10303-11–2009. Подобным образом можно описывать другие элементы АСУТП технического, программного и информационного обеспечения.

Ключевые слова: *жизненный цикл изделия, информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий, кабель, внешние кабельные и трубные проводки, представление данных об изделии.*

E.P. Velichko, P.Yu. Sokolchik

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

PRESENTATION OF DATA ABOUT THE EXTERNAL CABLE WIRING FOR MANAGEMENT BY THE LIFE CYCLE OF THE AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS

Modern control systems of life cycle of production demand formalization of knowledge of production and its parts. Information has to be prepared for the automated processing with use of the Computer. Now the greatest distribution for management of life cycle of production was gained by systems of information support of the product IPI/CALS (Information support of processes of life cycle of the products/Computer-Aided Acquisition and Lifecycle Support). For these systems it is necessary to formalize data on production so that these data could be used for storage and use in CALS systems.

The Automated Process Control Systems (APCS) can be considered as a product which has extended life cycle and demands effective management. At the same time the APCS represents the difficult system including various subsystems, groups of diverse elements, etc. In this case in the analysis and data presentation it is convenient to use the object-oriented approach allowing including, to describe separate subsystems and elements of APCS.

As an example of the PCS element for which creation of information model is executed, external cable and pipe conductings, information on which is produced and/or used practically at all stages of life cycle (design stages, commissioning, operation) are chosen. About external conductings data presentation language about a product and an exchange of these data of Express and Express G state standard specification P ISO 10303 11 2009 is chosen as a basis for data presentation. In this way it is possible to describe other PCSs elements technical, program and information support.

Keywords: *life cycle of a product, information support of processes of life cycle of products, cable, external cable and pipe conductings, data presentation about a product.*

Жизненный цикл (ЖЦ) сложных систем, к которым можно отнести автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), в современных условиях управляется с помощью компьютерных систем ИПИ/CALS (Информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий/Computer-Aided Acquisition and Life-

cycle Support) технологий. Использование ИПИИ-технологий снижает затраты на управление ЖЦ, повышает надежность решений по управлению ЖЦ [1]. При разработке ИПИИ/CALS систем важно правильно представить информацию о тех объектах, которые входят в состав АСУТП. При этом для сложных систем применяется декомпозиция. Так, например, АСУТП можно разбить на более простые сущности, привязываясь при этом к видам обеспечения, очередям ввода и др.

В качестве примера элемента АСУТП в статье рассмотрены внешние кабельные проводки. Информацию о внешних кабельных проводках АСУТП необходимо учитывать на различных стадиях ЖЦ АСУТП: проектных стадиях, вводе АСУТП в действие, эксплуатации. Для разработки системы управления жизненным циклом кабельной продукции в составе АСУТП за основу можно взять типовые решения и документы, описывающие эти решения в составе рабочей документации [4, 5, 7]. В рамках модели ЖЦ АСУТП рассмотрены модели ЖЦ кабельных и трубных проводок на разных стадиях ЖЦ.

ЖЦ АСУТП можно представить как последовательность стадий предпроектных, проектных, ввода в действие и эксплуатации. ЖЦ как всей АСУТП, так и ее элементов может быть регламентирован различными стандартами. Так, например в Российской Федерации наиболее часто используется ГОСТ 34.601–90 «Автоматизированные системы. Стадии создания». Согласно этому стандарту жизненный цикл АСУТП представлен как взаимоувязанная во времени последовательность стадий. Для указанного стандарта модель последовательности ЖЦ АС в диаграммах методологии IDEF0, IDEF3 [3] представлены на рис. 1.

В составе ЖЦ АСУТП рассмотрен ЖЦ внешних кабельных проводок.

Результаты работ представлены в виде документов, т.е. если документ оформлен, то значит, соответствующая работа была выполнена. На проектных стадиях, при внедрении, во время эксплуатации формируются и используются следующие документы: «Схемы соединений и подключения внешних электрических и трубных проводок»; «План расположения оборудования кабельных и трубных проводок»; «Кабельно-трубный журнал»; «График проверки и ремонта кабельной продукции»; «Дефектные ведомости» [9, 10].

На стадии технорабочего проекта выполняется расчет и выбор кабельной продукции для проектирования внешних проводок (рис. 2). В состав проекта входят рабочие документы, определяющие состав, конструктивные особенности, способ прокладки внешних проводок:

«Схема соединения и подключения внешних проводов», «План расположения оборудования кабельных и проводов», «Кабельно-трубный журнал» [4, 5, 7]. Основные задачи, решаемые в проектных работах: выбор кабеля для решения требуемой задачи (материал жил, сечение провода, материал изоляции и бронирование, конструкция); определение способа прокладки. На стадии монтажа обеспечивается: целостность кабеля, правильность прокладки; правильность и надежность подключения. Во время эксплуатации необходимо обеспечить: контроль целостности кабеля; проверку надежности цепей.

Рис. 1. Стадии жизненного цикла автоматизированной системы

Рис. 2. Определение требований к внешним проводам на проектных стадиях ЖЦ

Ввод в действие, применительно к внешним проводкам, состоит из следующих работ: прокладка и монтаж внешних проводок, пусконаладочные работы в составе АСУТП, проведение опытной эксплуатации в составе АСУТП, проведение приемочных испытаний в составе АСУТП. На входе – рабочая документация, на выходе – акт о вводе в промышленную эксплуатацию (рис. 3).

Рис. 3. Работы с внешними проводками в составе стадии «ввод в действие»

В процессе эксплуатации кабельной продукции производится плановое обслуживание (рис. 4), в процессе которого устанавливается исправность проводок и соответствие их характеристик проектным. Так, например, процесс обслуживания состоит из визуального осмотра кабеля, отключения всех жил кабеля слесарем КИПиА, определения расстояния до участка с пониженным сопротивлением изоляции кабеля, определения места обрыва кабеля и измерения сопротивления изоляции кабеля. После визуального осмотра составляется дефектная ведомость.

Схема управления ЖЦ кабельных проводок в составе АСУТП будет аналогична схеме управления ЖЦ всей АСУТП (рис. 5).

Для описания внешних проводок на каком-либо формальном языке необходимо рассмотреть их свойства. Внешние проводки, применяемые в АСУТП, согласно ПУЭ подразделяются на открытые, скрытые и наружные [6]. Внешние проводки состоят из отдельных кабелей, каждый из которых выполняет определенную функцию. Эти функции можно

Рис. 4. Работы с внешними проводками в процессе эксплуатации АСУТП

Рис. 5. Схема управления ЖЦ кабельной продукции в составе АСУТП

подразделить на следующие: контрольные, электропитания, цифровой передачи и др. Независимо от функций проводки в автоматизированной системе, кабель, реализующий эту проводку, обладает характеристиками: материал и сечение жилы; материал изоляции; материал защитного покрытия; конструктивные особенности кабеля. При эксплуатации особенно важно знать и отслеживать такие параметры кабеля, как длина кабеля и способ его прокладки, расстояние до участка с пониженным сопротивлением изоляции кабеля, место обрыва или перепутывания жил кабеля, сопротивление изоляции, шлейф, омическая асимметрия, электрическая емкость всех типов кабелей. Основным идентификатором кабеля является его позиция по проектной документации.

Для описания изделия «кабель» взят язык описания данных об изделии Express и язык Express-G (рис. 6) [8]. Язык Express используется, в том числе, для передачи данных об изделии между программами.

Рис. 6. Описание изделия «кабель» на языке Express-G

Сущность кабеля (cable) состоит из позиции кабеля (cable_position), материала жил (material_of_tendon), сечения жил (section), числа проводок (number_of_wiring) и материала изоляции (material_of_isolation).

Атрибут позиции кабеля – позиция (position) типа string. Атрибуты материала жил – алюминий (a), медь (m), алюмомедь (am), типа string. Атрибуты сечения жилы – сечение (S), типа real. Атрибуты числа проводок – целое число (number) типа integer. Атрибуты изоляции – резина (rubber), полиэтилен (polyetuylene), ПВХ (PVH), бумага (paper), фторопласт (fluoroplastic) типа string.

Описание изделия «кабель» на языке Express:

SCHEMA cable; заголовок – изделие «кабель»

ENTITY cable_position; описание сущности – позиция кабеля

SUBTYPE OF (cable); подтип сущности – кабель

position: string; определение типа данных атрибута – позиция в виде строки символов

end_ENTITY; конец описания сущности позиция

ENTITY material_of_tendon; описание сущности материал жилы

SUBTYPE OF (cable); подтип сущности кабель

a, m, am: STRING; определение типа данных атрибутов: алюминий, медь и алюмомедь

end_ENTITY; конец описания сущности material_of_tendon

ENTITY section; начало описания сущности сечение жилы

SUBTYPE OF (cable); подтип сущности кабель

S: real; определение типа данных всех возможных сечений в виде массива

end_ENTITY; конец описания сущности section

ENTITY number_of_wiring; начало описания сущности число проводок

SUBTYPE OF (cable); подтип сущности кабель

number: integer; определение типа данных числа проводок в виде действительных чисел

end_ENTITY; конец описания сущности число проводок
 ENTITY material_of_isolation; определение сущности материал изоляции
 SUBTYPE OF (cable); подтип сущности кабель
 rubber, polyetuylene, PVH, paper, fluoroplastic: string; определение типа данных материалов изоляции в виде строки символов
 end_ENTITY; конец описания сущности материал изоляции
 END_cable. Конец описания изделия «кабель»

Рассмотренное описание на языке Express можно использовать не только для передачи данных между программами, но и конфигурирования PDM-системы, проектирования баз данных (БД) для хранения информации о внешних проводках.

Рис. 7. Связь кабельного журнала и дефектной ведомости

Имя поля	Тип данных
⚡ Позиция кабеля	Текстовый
Материал жил	Текстовый
Сечение жил	Текстовый
Число проводок	Текстовый
Материал изоляции	Текстовый

Рис. 8. Форма кабельного журнала

№ п/п	Счетчик
⚡ «Позиция кабеля	Текстовый
Наименование дефекта или признака неисправности	Текстовый
Дата обнаружения	Дата/время
Дата устранения	Дата/время
Подпись лица об устранении	Текстовый

Рис. 9. Форма дефектной ведомости

В качестве примера разработана БД в формате MS Access, предназначенная для формирования и ведения кабельного журнала и дефектной ведомости кабелей (рис. 7–9). Кабельный журнал и дефектная ведомость имеют связь через ключевое поле – «позиция кабеля».

Список литературы

1. Яблочников Е.И., Фомина Ю.Н., Саломатина А.А. Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия: учеб. пособие / СПбГУ ИТМО. – СПб., 2010. – 188 с.
2. Федоров Ю.Н. Основы построения АСУТП взрывоопасных производств: в 2 т. – Т. 2. Проектирование. – М.: СИНТЕГ, 2006. – 632 с.

3. Малков С.В. BPwin и ERwin. CASE – средства разработки информационных систем. – М.: Диалог-МИФИ, 2001. – 256 с.
4. Парфенов Ю.А. Кабели электросвязи. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 256 с.
5. Рыжов Н.А., Гуров А.М., Гульдяшева Н.К. Системы автоматизации технологических процессов. Проектирование электрических и трубных проводок. (РМ 4-6-92). – Ч. 3. Указания по выполнению документации / ГПКИ «Проектмонтажаавтоматика». – М., 1992. – 38 с.
6. Правила устройства электроустановок: утв. приказом Минэнерго РФ от 8 июля 2002 г. – № 204. – Изд. 7-е. – М., 2002. – 37 с.
7. Монтаж средств измерений и автоматизации: справочник / К.А. Алексеев, В.С. Антипин, А.Л. Ганашек [и др.]; под ред. А.С. Ключева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 217 с.
8. Пупков К.А. Применение CALS-технологий для повышения качества изделий: учеб. пособие / РУДН. – М., 2008. – 105 с.
9. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. – М.: Академия, 2009. – 256 с.
10. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2009. – 134 с.

References

1. Yablochnikov E.I., Fomin Yu.N., Salomatina A.A. Kompyuternye tekhnologii v zhiznennom tsikle izdeliya [Computer technologies in life cycle of the product Manual]. Saint-Petersburg, 2010. 188 p.
2. Fedorov Yu.N. Osnovy postroeniya ASUTP vzryvoopasnykh proizvodstv [Fundamentals of automated process control system of explosive production facilities]. Vol. 2. Proektirovanie. Moscow: SINTEG, 2006. 632 p.
3. Malkov S.V. BPwin and ERwin. CASE – Sredstva razrabotki informatsionnykh sistem [CASE – tools of information systems development]. Moscow: Dialog-MIFI, 2001. 256 p.
4. Parfenov Yu.A. Kabeli elektrosvyazi [Telecommunication cables]. Moscow: Eko-Trendz, 2003. 256 p.
5. Ryzhov N.A., Gurov A.M., Guldasheva N.K. Sistemy avtoma-tizatsii tekhnologicheskikh protsessov. Proektirovanie elektricheskikh i trubnykh provodok. Chast' 3. Ukazaniya po vypolneniyu dokumentatsii [Automation of technological processes. Design of electrical and pipe transactions. Part 3. Instructions for execution of documentation]. Moscow, 1992. 38 p.

6. Pravila ustrojstva elektroustanovok [Rules for electrical installation]. Moscow, 2002. 37 p.

7. Alekseev A.K., Antipin V.S., Hanushek A.L., Klyuyev A.S. [et al.]. Montazh sredstv izmerenij i avtomatizatsii [Installation of measuring instruments and automation]. Moscow: Energoatom-izdat, 1988. 217 p.

8. Pupkov K.A. Primenenie CALS-tehnologij dlya povysheniya kachestva izdelij [Application of CALS-technologies for improving the quality of products]. Moscow, 2008. 105 p.

9. Sibikin Yu.D., Sibikin M.Yu. Tekhnicheskoe obsluzhivanie, remont elektrooborudovaniya i setey promyshlennykh predpriyatiy [Maintenance, repair of electrical networks and industrial enterprises]. Moscow: Akademiya, 2009. 256 p.

10. Gromakov E.I. Proektirovanie avtomatizirovannykh sistem [Design of automated systems]. Tomsk: Izdatelstvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2009. 134 p.

Получено 14.03.2016

Об авторах

Величко Екатерина Петровна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева, 11; e-mail: Veli4ko.yekat@yandex.ru).

Сокольчик Павел Юрьевич (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева, 11; e-mail: psokol@pstu.ru).

About the authors

Ekaterina P. Velichko (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student of the Department of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University (11, Professor Pozdeev str., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: Veli4ko.yekat@yandex.ru).

Pavel Yu. Sokolchik (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University (11, Professor Pozdeev str., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: psokol@pstu.ru).