

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЯКОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ ОБЛАДНАННЯМ

Фурман І. О., Тимчук С. О., Піскар'єв О. М., Аллашев О. Ю.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

У статті розглядаються особливості побудови моделі якості для проектування та верифікації програм логічного керування промисловим обладнанням на основі сучасних стандартів.

Постановка проблеми. Сьогодні основою переважної більшості сучасних автоматизованих систем керування технологічними процесами є мікропроцесорні програмовані логічні контролери (ПЛК). Принцип роботи ПЛК полягає в зчитуванні вхідних сигналів від датчиків, виконанні згідно з реалізованим алгоритмом необхідних логічних та арифметичних операцій, видачі результатів у вигляді вихідних сигналів на виконавчі механізми. Описана послідовність дій (зчитування входів, виконання програми керування та встановлення виходів контролера) повторюється циклічно з моменту включення ПЛК. Найбільш трудомістким етапом створення системи керування на основі промислових контролерів є проектування програмного забезпечення.

Для стандартизації великої кількості варіантів мов програмування в 1993 році Міжнародна електротехнічна комісія випустила стандарт МЕК 61131-3, що описує мовні засоби програмування промислових контролерів. До стандарту увійшли три графічні та дві текстові мови [1]:

- SFC (Sequential Function Chart) - графічна мова, що дозволяє описати алгоритм логічного керування у вигляді набору пар крок та перехід;

- LD (Ladder Diagram) - мова сходових діаграм, графічна мова побудована на принципах релейно-контактних схем;

- FBD (Functional Block Diagram) - графічна мова функціональних блоків;

- ST (Structured Text) - текстова мова високого рівня з паскалеподібним синтаксисом;

- IL (Instruction List) - текстова мова низького рівня, що представляє собою спрощений асемблер для задач логічного керування.

З іншого боку, в деяких випадках (високі вимоги до швидкодії, підвищені вимоги до надійності системи керування та інше) використовують спеціалізовані контролери логічного керування з нетрадиційною архітектурою. На даний час спостерігається все більш широке застосування методів й засобів створення пристроїв логічного керування на основі мікроелектронних компонентів паралельної дії з застосуванням такої сучасної елементної бази як програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) [2]. Такі промислові ПЛІС-контролери логічного керування програмуються на текстових спеціалізованих мовах опису апаратури (HDL-мови).

Слід зазначити, що, з огляду на специфічну предметну галузь, розробка та програмна реалізація алгоритмів логічного керування технологічними

об'єктами є окремим напрямком сучасного програмування. Сьогодні створенням програм керування як для традиційних мікропроцесорних ПЛК на мовах МЕК 61131-3, так й створенням програмного забезпечення для ПЛІС-контролерів логічного керування займаються професійні програмісти. Розробка систем логічного керування передбачає проблемно-орієнтований підхід з тісною участю на всіх етапах життєвого циклу створюваного програмного забезпечення інженерів-технологів. Для залучення до процесу розробки програм керування інженерів-технологів, як найбільш кваліфікованих експертів у технологічному процесі, було запропоновано технологічне візуальне програмування (ТВП-програмування), що передбачає використання безпосередньо в якості мови програмування візуальних предметно-орієнтованих технологічних мов [3]. Для дискретних циклічних задач логічного керування в якості такої мови може бути використана таблична мова технологічних циклограм.

Таким чином, в залежності від обраної архітектури мікроелектронного засобу керування й обраної моделі промислового контролера, від специфіки самої задачі логічного керування, від наявності на етапі розробки та модифікації програмного забезпечення професійного програміста на тій або іншій мові, від наявності на підприємстві свого відділу автоматизації, від професійних якостей самого розробника програмного забезпечення й інших факторів залежить якість створеного програмного забезпечення. Наприклад, по статистичним даним близько 20% аварій ракетно-космічної техніки було пов'язано з відмовами програмно-технічних комплексів та дефектами програмних засобів [4]. Специфіка задач логічного керування промисловим обладнанням вимагає придання програмним засобам логічного керування на будь-яких мовах необхідних властивостей якості програмного забезпечення, в тому числі надійності та безпеки, здатності протистояти збоєм й помилкам різних властивостей.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Під якість програмного забезпечення розуміють ступінь, з якою програмний продукт відповідає встановленим вимогам при його застосуванні на зазначених умовах [5]. Під моделлю якості програмного забезпечення (далі – МЯ ПЗ) розуміють набір характеристик і відносин між ними, які фактично забезпечують основу для визначення вимог до якості та його оцінки [6]. Проведений аналіз показує, що сьогодні методи побудови МЯ ПЗ засновані на формуванні ієрархічної структури

показників. На найвищому рівні ієрархії знаходяться самі характеристики якості ПЗ, які більш предметно деталізуються різними показниками на нижчих рівнях. Обраний набір характеристик якості ПЗ та набір детальних показників цих характеристик є основою при формуванні вимог до програмного забезпечення конкретних проектів в різних предметних галузях. Різноманітний набір вимог до якості програм логічного управління, в залежності від типу задачі автоматизації, принципів особливостей та умов експлуатації системи керування, призводить до необхідності побудови базової МЯ ПЗ задач логічного управління промисловими контролерами.

Основні матеріали дослідження. На першому етапі побудови МЯ ПЗ необхідно скласти базовий перелік основних характеристик, показників характеристик та атрибутів якості програмного забезпечення логічного управління. Залежно від класу задач керування необхідно вибудувати рейтинг характеристик за пріоритетами споживачів, яким необхідні певний рівень показника характеристики якості. Побудову МЯ ПЗ для задач логічного керування бажано будувати на базі міжнародних стандартів, що регламентують показники якості програмного забезпечення.

Базовою основою регламентування показників якості програмних засобів є міжнародний стандарт ISO 9126 «Інформаційна технологія. Оцінка програмного продукту. Характеристики якості та керівництво по їх застосуванню» [7]. За цим стандартом необхідно визначити властивості програмного забезпечення по кожній з шести характеристик: 1) функціональність 2) надійність 3) зручність використання 4) ефективність 5) зручність супроводу 6) мобільність. Кожна характеристика описується за допомогою атрибутів. Для кожного атрибута визначається набір метрик, що дозволяють його оцінити. Перелік характеристик та атрибутів якості ПЗ згідно ISO 9126 наведено на рис 1.



Рисунок 1 – Характеристики та атрибути якості програмного забезпечення по ISO 9126

Функціональність – сукупність властивостей, які встановлюють спроможність програмного продукту виконувати в заданому середовищі упорядковану послідовність дій для задоволення споживчих властивостей, замовлених користувачем, відповідно до вимог оброблення даних і загальносистемних засобів.

Надійність – це: 1) множина атрибутів, які вказують на спроможність програмного продукту коректно перетворювати вхідні дані на очікувані результати; 2) сукупність властивостей, яка характеризує здатність програмного продукту безвідмовно виконувати певні функції та зберігати заданий рівень придатності до роботи при заданих умовах функціонування протягом певного інтервалу часу з достатньо великою ймовірністю. Надійність ПЗ прийнято характеризувати рівнем його завершеності (відсутністю помилок), стійкістю до появи помилок і можливістю перезапуску після аварійної зупинки.

Зручність застосування – множина атрибутів, що характеризують умови взаємодії користувача із програмним продуктом, характеризується такими основними атрибутами: 1) зрозумілість – атрибут, який вказує, наскільки зрозумілі користувачу для розпізнавання логічні концепції ПЗ та умови їх застосування; 2) легкість навчання – атрибут, який вказує, наскільки доступні (легкі) для вивчення умови використання ПЗ; 3) оперативність – атрибут, який характеризує швидкістю реакції ПЗ на дії користувача; 4) узгодженість – атрибут, який показує відповідність процесу розроблення ПЗ вимогам чинних стандартів та правил.

Ефективність роботи – зв'язок між результатами використання програмного продукту та кількістю задіяних для цього апаратних ресурсів, матеріальних ресурсів, праці персоналу та інше.

Зручність супроводу – зусилля, які потрібно витратити на коригування, вдосконалення й адаптацію програмного продукту у разі зміни середовища його використання, вимог або функціональних специфікацій.

Переносність ПЗ – здатність програмного продукту пристосовуватися до різних середовищ його розроблення та використання, забезпечуючи при цьому надійну та безперебійну роботу.

При побудові моделі якості програмного забезпечення логічного керування зазначені характеристики бажано попередньо упорядкувати за пріоритетами з урахуванням призначення та сфери застосування конкретного проекту програми логічного управління технологічним процесом. Перший етап завершується формуванням переліку базових показників якості ПЗ у відповідності до їх пріоритету, що визначають функціональну придатність програмного засобу для певних споживачів. На наступному етапі необхідно впорядкувати показники характеристик якості для конкретного проекту керування технологічним процесом. Для кожного обраного показника характеристики якості програмного забезпечення повинна бути узгоджена та задана метрика й шкала оцінок показника та його атрибутів. У переліку показників якості програмного забезпечення

необхідно вказувати пріоритет кожного показника в рамках конкретної задачі логічного керування. Показник з найвищим пріоритетом повинен бути обов'язково реалізований в програмному продукті на заданому рівні, а показник з найнижчим пріоритетом може не враховуватися в проекті. Решта значення пріоритетів відображають рівень впливу відповідних атрибутів на якість програмного засобу.

Таким чином, вибір конкретної мови програмування промислових контролерів в залежності від обраних пріоритетів показників якості на тому чи іншому рівні впливає на показники якості створюваної програми керування. Наприклад, при створенні програм керування критичного застосування (хімічне виробництво, керування залізничним транспортом, енергетика та інше) пріоритетною вимогою якості ПЗ є гарантія якості, тобто підтверджена впевненість здатності програми керування надійно та безпечно виконувати необхідні функції протягом заданого часу, не дивлячись на виникаючі зовнішні та внутрішні впливи [8]. Реалізація даної характеристики якості ПЗ вимагає наявності постійного штату високопрофесійних програмістів, відділу тестування, відділу документування ПЗ та передбачає використання універсальних текстових мов програмування. В іншому випадку, наприклад, при створенні системи керування мобільною установкою сільськогосподарського призначення, або при автоматизації лінії переробки продукції, з технологічними алгоритмами керування, що часто змінюються, самою пріоритетною характеристикою ПЗ може бути зручність супроводу ПЗ (наочність та доступність для розуміння програми керування інженерами-технологами, зручність модифікації програми керування, зручність тестування реалізованої логіки керування, легкість усунення дефектів ПЗ після передачі в експлуатацію). Такі підприємства знаходяться в сільській місцевості, а їх штат не має в постійній наявності відділу висококваліфікованих програмістів, спеціалізованого відділу тестування програмного забезпечення та інших. В цих випадках для задоволення характеристики «зручність супроводу ПЗ» може бути обрана спеціалізована проблемно-орієнтована мова (наприклад, таблична мова технологічних циклограм) в рамках технологічного візуального програмування.

В рамках побудованої МЯ ПЗ обраний набір показників якості представляється у вигляді таблиць застосовності показників якості, в якій необхідно встановити коефіцієнти значущості кожного з показників (вага показника). Так як при оцінці показників якості ПЗ часто відсутні повні вхідні дані, то для їх отримання використовують експертне оцінювання. Багато показників характеристики якості ПЗ експертам зручніше оцінювати не числовим значенням, а лінгвістично. Для оцінки таких показників доцільніше використовувати апарат нечіткої логіки [8]. Методи нечіткої логіки дозволяють здійснювати оцінку показників якості програм логічного керування в умовах невизначеності, коли відсутня скільки-небудь повноцінна статистика, а також в числі

досліджуваних показників присутні лінгвістичні експертні оцінки.

Підсумкову оцінку якості програмних засобів логічного керування конкретного проекту автоматизації технологічного процесу будемо отримувати методом зваженого підсумовування, в якому величини обраних показників якості множаться на відповідні ваги цих показників.

$$I_{qua} = b_1 * P_1 + b_2 * P_2 + \dots + b_N * P_N, \quad (1)$$

де I_{qua} – підсумкова оцінка якості ПЗ,
 b_i – вага i -того показника якості,
 P_i – значення i -того показника якості,
 N – кількість показників якості МЯ ПЗ конкретного проекту логічного керування.

На підставі побудованої МЯ ПЗ конкретного проекту автоматизації та обраного апаратного засобу логічного керування (мікропроцесорний ПЛК, промисловий ПЛІС-контролер) можна розрахувати підсумовуванням комплексну оцінку якості ПЗ для різних мов програмування (мови опису апаратури, мови стандарту МЕК 61131-3, універсальні текстові мови, проблемно-орієнтована таблична мова циклограм). На підставі порівняння отриманих сум можливо провести ранжування варіантів використання мов для різних класів задач автоматизації технологічних процесів. Такий підхід робить можливим визначення переліку класів задач промислової автоматизації та їх параметрів, в яких ефективніше та раціональніше використовувати проблемно-орієнтовану табличну мову технологічних циклограм в рамках технологічного візуального програмування.

Таким чином, побудова моделі якості програми логічного керування технологічним процесом складається з наступних етапів:

1) для конкретного програмного проекту необхідно виділити набір характеристик, що впливають на якість створеного програмного засобу;

2) упорядкувати у вигляді деревовидної ієрархії вибрані характеристики якості ПЗ. Для кожної характеристики якості ПЗ повинен бути задан показник або набір показників якості;

3) в рамках конкретного проекту необхідно встановити коефіцієнти значущості кожного з показників (вага показника);

4) для кожного показника характеристики якості ПЗ створеної ієрархії повинна бути узгоджена та задана метрика й шкала оцінок;

5) для тих показників якості ПЗ, які будуть оцінюватись у лінгвістичній формі методом експертного оцінювання застосувати апарат нечіткої логіки;

6) підсумкову оцінку якості програмних засобів логічного керування конкретного проекту автоматизації технологічного процесу необхідно розрахувати методом зваженого підсумовування.

По створеній моделі якості конкретного проекту логічного керування з певною ієрархією показників якості ПЗ та їх вагами можливо розрахувати підсумкову оцінку якості ПЗ при реалізації одного й

того ж проекту логічного керування для промислових контролерів на різних мовах програмування (універсальні текстові мови програмування, мови стандарту МЕК 61131-3, проблемо-орієнтовна таблична мова технологічних циклограм та інші).

Висновки. На даний час розробка та програмна реалізація алгоритмів логічного керування технологічними об'єктами є окремим напрямком сучасного програмування. Для програмування логічних контролерів використовують як універсальні текстові мови програмування, спеціалізовані стандартизовані текстові або графічні мови програмування контролерів, так й такі проблемо-орієнтовані мови програмування як таблична мова технологічних циклограм. Створення та модифікація програм на табличній мові циклограм в рамках технологічного візуального програмування робиться в спеціалізованому середовищі програмування (ТВІП-середовище).

В конкретному класі задач промислової автоматизації в залежності від обраної мови програмування значення певних показників якості програмного забезпечення буде різним. Для оцінки якості програмного забезпечення будують модель якості. За останні роки створено певний набір міжнародних стандартів, що у загальній формі описують модель якості програмних засобів. Застосування цих стандартів до задачі створення програм логічного керування вимагає їх адаптації під специфіку задачі промислової автоматизації. В процесі побудови моделі якості опираючись на міжнародний стандарт створюється деревовидна ієрархія показників обраних характеристик програмних засобів. Для тих показників якості, що будуть оцінюватись у лінгвістичній формі методом експертного оцінювання необхідно застосувати апарат нечіткої логіки.

Для конкретного класу задач (конкретного проекту) за побудованою моделлю якості програм логічного керування можливо розрахувати підсумкову оцінку якості створених програмних засобів. Вибір мови реалізації програмного проекту (універсальна текстова мова, стандартизовані мови програмування промислових контролерів, проблемо-орієнтовна таблична мова циклограм) в тій або іншій мірі впливає на показники якості програмного засобу. Таким чином, за допомогою побудування моделей якості програм логічного керування для різних класів проектів, та розрахунку підсумкових оцінок якості програм керування за цими моделями при використанні в цих проектах різних мов програмування, можливо визначити зону раціонального застосування мови табличних циклограм в рамках технологічного візуального програмування.

Список використаних джерел

1. Зюбин В. Е. К пятилетию стандарта IEC 1131-3. Итоги прогнозы / В.Е. Зюбин // Приборы и системы управления. – 2010. – № 1. – С. 64-71.
2. Фурман І. О. Промисловий ПЛІС-контролер та технологія його програмування / І. О. Фурман, С.

Я. Бовчалюк, О. Ю. Аллашев // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Випуск 176.– 2016. – С. 68-69.

3. Аллашев А. Ю. Нетрадиционный подход к программированию микроэлектронных средств логического управления промышленным оборудованием / А. Ю. Аллашев, И. А. Фурман // Автоматика–2017: XXIV Міжнародна конференція з автоматичного управління, м. Київ, Україна, 13–15 вересня 2017 року: тези конференції. Київ – 2017. — С. 133-134.

4. Харченко В. С. Безопасность критических инфраструктур: математические и инженерные методы оценки и обеспечения / под ред. Харченко В. С. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2011. – 603 с.

5. International standard ISO/IEC FDIS 25010. System and software quality models. – 2010. – 34 p.

6. Чумакова Т. Я. Построение модели качества программного обеспечения / Т. Я. Чумакова, С. М. Цыганенко // Математичні машини і системи. Випуск № 4– 2009. —С. 210-218.

7. Исмаил Е. Е. Современные модели качества программных средств и их особенности / Е. Е. Исмаил // Международный научный журнал «Поиск». –№ 3 (1) – 2015. —С. 272-282.

8. Кривуля Г. Ф. Экспертное оценивание качества программного обеспечения / Г. Ф.Кривуля, А. С. Шкиль, Д. Е. Курченко // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. –№ 5 (64) – 2013. —С. 282-286.

Аннотация

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Фурман И. А., Тимчук С. А., Пискарьов А. Н., Аллашев А. Ю.

В статье рассматриваются особенности построения модели качества для проектирования и верификации программ логического управления промышленным оборудованием на основе современных стандартов

Abstract

BUILDING THE QUALITY MODEL OF SOFTWARE FOR INDUSTRIAL LOGICAL CONTROL

I. Furman, S. Tymchuk, A. Piskarev, A. Allashev

The article describes the peculiarities of constructing a quality model for designing and verifying logistic control programs for industrial equipment on the basis of modern standards