УДК 681.51

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ В STEP 7 TIA PORTAL З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ БЛОКІВ БІБЛІОТЕКИ «LSIM»

Левінський М.В.¹, Левінський В.М.²¹ Національний університет «Одеська морська академія», м. Одеса, Україна² Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, УкраїнаORCID: ¹ <http://orcid.org/0000-0002-6544-5110>, ² <http://orcid.org/0000-0002-3563-528X>E-mail: ¹ maxlevinskyi@gmail.com, ² valerylevinskyi@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal “Automation of technological and business-processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0> DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i4.1934>

Анотація. Актуальність. Моделювання систем регулювання в середовищі розробки програмного забезпечення контролерів, наприклад в Step 7 TIA Portal, дозволяє провести налагодження параметрів функціональних блоків ПІД-регуляторів, перевірку грубості САР до варіації параметрів об'єкта керування та безударність переходів між ручним та автоматичним режимом роботи. Мета. Показати приклади корекції програмного коду функціональних блоків бібліотеки “LSim”, які фірма Siemens рекомендує для моделювання об'єкта керування, що забезпечують встановлення довільних початкових умов в цифрових аналогах диференціальних рівнянь динамічних ланок. Метод. Аналіз оригінального коду функціональних блоків бібліотеки “LSim” та його подальша корекція, моделювання скоригованих функціональних блоків в середовищі Step 7 TIA Portal. Результати. Наведені фрагменти кодів функціональних блоків, які дозволяють моделювати ланку запізнення, інерційну ланку першого порядку, інтегруючу ланку з довільними початковими умовами. Проведено моделювання скоригованих функціональних блоків в середовищі Step 7 TIA Portal та співставлення результатів із результатами моделювання аналогічних динамічних ланок в середовищі Simulink/MATLAB. Проведено моделювання САР із використанням зазначених блоків. Висновки. Запропоновані зміни коду функціональних блоків бібліотеки “LSim”, які реалізують ланку запізнення, інерційну ланку першого порядку, інтегруючу ланку, дозволяють врахувати довільні початкові умови в цих ланках, що забезпечує моделювання динамічно сталих режимів САР в середовищі Step 7 TIA Portal.

Abstract. Topicality. Control systems modeling in PLC integrated development environment, for example in Step 7 TIA Portal, allows tuning of PID-controller blocks parameters, automatic control system robustness check when control object parameters change and “soft” change from manual to automatic operation modes. Goal. To show examples of “LSim” library function blocks code correction, which Siemens company recommends for control object modeling and which allow to set up arbitrary initial conditions in digital analogues of dynamic links differential equations. Means. “LSim” library function blocks original code analysis and its further correction, modeling of modified function blocks in Step 7 Tia Portal. Results. Fragments of function block codes, which allow to simulate delay link, first order aperiodic link, integrator link with modifiable initial conditions are presented. Corrected function blocks modeling in Step 7 TIA Portal environment was carried out as well as comparing results with modeling of the same function blocks in Simulink/MatLab environment. Automatic control system modeling with abovementioned function blocks was carried out. Conclusions. Proposed code changes of “LSim” library function blocks, which implement delay link, first order aperiodic link, integrator link allow to take into account arbitrary initial conditions in these links, which allow to model dynamically steady automatic control system modes in Step 7 TIA Portal.

Ключові слова: Step 7 TIA Portal, функціональні блоки бібліотеки “LSim”, ПІД-регулятор**Keywords:** Step 7 TIA Portal, “LSim” library function blocks, PID-controller

Вступ

Розробка алгоритмів керування технологічними процесами проходить етапи імітаційного моделювання, наприклад в середовищі Simulink/MATLAB, де в системі взаємодіють моделі алгоритмів і об'єкта керування (ОК), моделювання в середовищі програмування контролера, наприклад в Step 7 TIA Portal, де в системі взаємодіють реальні програми керування і модель ОК, і етап напівнатурного моделювання, де програми керування завантажують в контролер, який по фізичним каналам зв'язку взаємодіє з комп'ютером, і в якому імітаційна модель ОК функціонує в реальному часі.

Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В даній статті розглядається моделювання системи регулювання в середовищі Step 7 TIA Portal. Фірма Siemens рекомендує використовувати при цьому бібліотеку "LSim" Simulation Library, до складу якої входять шістнадцять функціональних блоків [1]. Вони імітують прості динамічні ланки, поєднуючи які між собою можна створити достатньо складні моделі ОК та коригуючих зв'язків.

Бібліотека "LSim" може застосовуватись при програмуванні контролерів Simatic S7-1200/S7-1500. При програмуванні попередніх серій контролерів S7-300/S7-400 використовувався аналогічний за призначенням продукт "Modular PID-Control" [2]. Порівняльний аналіз та практика використання цих продуктів виявили достатньо серйозний недолік функціональних блоків, які входять до складу бібліотеки "LSim". А саме – блоки, які програмно реалізують динамічні ланки і базуються на цифрових аналогах диференційних рівнянь, не дозволяють встановити довільні початкові умови в рівняннях, а лише нульові. Це суттєво звужує коло задач при їх використанні до найпростіших навчальних, оскільки опис моделей практично всіх технологічних об'єктів керування вимагає врахування ненульових початкових умов. Це пов'язано з накопиченням маси та енергії в агрегатах та установках, що здійснюють технологічний процес.

Мета і завдання дослідження

Відповідно мета даної статті – показати приклади корекції програмного коду функціональних блоків бібліотеки "LSim", які усувають існуючий недолік;

завдання – провести перевірку зроблених корекцій коду шляхом співставлення результатів моделювання системи регулювання в середовищах Step 7 TIA Portal та Simulink/MATLAB.

Методи і матеріали досліджень

Оскільки до складу бібліотеки "LSim" входять блоки з відкритим програмним кодом, це дало можливість провести аналіз кодів і визначити шляхи їх корекції. На рис. 1 в якості прикладу наведені фрагменти кодів функціональних блоків, які реалізують ланку запізнення FB "Lag", інерційну ланку першого порядку FB "PT1" та інтегруючу ланку FB "Integ". Вони базуються відповідно на бібліотечних блоках FB "LSim_Lagging", FB "LSim_PT1" та FB "LSim_I".

a)

```

1
2 IF NOT #statOverfirst THEN
3   FOR #i := 1 TO #MAX BY 1 DO
4     #statDelayStore[#i] := #initstate;
5   END_FOR;
6   #statOverfirst := 1;
7 END_IF;
8
9 // Check Parameters
10 IF #delayCycles > #MAX THEN
11   #delayCycles := INT_TO_UINT(#MAX);
12 ELSE
13   #delayCycles := #delayCycles;
14 END_IF;

```

b)

```

1 // check parameter
2 IF #tmLagl <= 0 THEN
3   #error := TRUE;
4   #status := W#16#8001; // Parameter Error
5   #statOutput := 0;
6   #output := 0;
7   RETURN;
8 ELSE
9   #error := FALSE;
10  #status := W#16#0000; // no error
11 END_IF;
12 IF #calcParam = True OR NOT #statOverfirst THEN
13   #statOutput := #initstate;
14   #statOverfirst := 1;
15   // 2-parameters For Laplace PT1-System
16   #statRel := - EXP(- #cycle / #tmLagl);
17   #statRfl := #gain * (1 + #statRel);
18 END_IF;
19 // Differential Equation of PT1-System

```

в)

```

1 // check parameter
2 IF #tmLagl <= 0 THEN
3   #error := TRUE;
4   #status := W#16#8001; // Parameter Error
5   #statRxnl := 0.0;
6   #statRynl := 0.0;
7   #statOutput := 0;
8   #output := 0;
9   RETURN;
10 ELSE
11   #error := FALSE;
12   #status := W#16#0000; // no error
13 END_IF;
14 // calculates the z-parameter for the difference equation
15 IF #calcParam = True OR NOT #statOverfirst THEN
16   #statOutput := #initstate;
17   #statOverfirst := 1;
18   #statRbl := #cycle / #tmLagl;
19   #statRal := -1;
20 END_IF;
21 IF #reset = True THEN
22   #statRxnl := 0.0;
23   #statRynl := 0.0;
24   #statOutput := 0;
25 END_IF;
26 // save delayed output-signals

```

Рис. 1 – Фрагменти кодів скоригованих функціональних блоків: а) FB "Lag"; б) FB "PT1"; в) FB "Integ"

У всіх скоригованих функціональних блоках додана вхідна змінна `initstate`, яка визначає початкові умови. У випадку FB “Lag” до оригінального коду FB “LSim_Lagging” додані строки коду з порядковими номерами 2...7. В них спочатку аналізується значення змінної `#statOverfirst` першого звертання до блоку і потім елементи масиву `#statDelayStore`, який забезпечує затримку у часі, заповнюються значенням змінної `#initstate`, що визначає початкові умови на виході з блоку. У FB “PT1” та FB “Integ” зміна оригінального коду полягала в додаванні відповідно строчок 13 та 16.

Аналогічним чином можуть бути скориговані і інші функціональні блоки з бібліотеки “LSim”.

Для перевірки правильності здійснених корекцій коду проведено моделювання FB “Lag”, FB “PT1” та FB “Integ” в середовищі Step 7 TIA Portal, результати якого порівнювались з результатами моделювання аналогічних ланок в середовищі Simulink/MATLAB.

Результати досліджень

На рисунку 2 приведені результати моделювання у середовищі Step 7 TIA Portal об'єктів керування зі статичними властивостями у складі ланки запізнення FB “Lag”, інерційної ланки FB “PT1” та з астатичними властивостями у складі ланки запізнення FB “Lag”, інтегруючої ланки FB “Integ” при подачі на їх вхід постійного сигналу. Реакція об'єкта, отримана з використанням інструменту Trace, при однакових початкових умовах (ПУ) в ланках FB “Lag” і FB “PT1”, відображає лише його вимушений рух (рис. 2а). Коли початкові умови FB “Lag” нульові, а початкові умови FB “PT1” ненульові, то в цьому випадку спостерігається як власний рух об'єкта з ненульових початкових умов, так і його вимушений рух, спричинений вхідним сигналом (рис. 2б).

Коли в складі ОК є ланка запізнення FB “Lag” та інтегруюча ланка FB “Integ”, ненульові початкові умови на FB “Lag” також спричиняють власний рух об'єкта (рис. 2.г).

Рис. 2 – Результати моделювання об'єкту керування в середовищі Step 7 TIA Portal:

- а) ПУ FB “Lag” = 5, ПУ FB “PT1” = 5; б) ПУ FB “Lag” = 0, ПУ FB “PT1” = 5;
в) ПУ FB “Lag” = 0, ПУ FB “Integ” = 5; г) ПУ FB “Lag” = 5, ПУ FB “Integ” = 5;

На рисунку 3 приведені результати моделювання у середовищі Simulink/MATLAB об'єктів керування з аналогічними параметрами та початковими умовами при дії на них постійного сигналу.

Порівняння результатів, наведених на рисунках 2 і 3, переконують в коректному функціонуванні блоків FB “Lag”, FB “PT1”, FB “Integ”, які дозволяють враховувати ненульові початкові умови.

Рис. 3 – Результати моделювання об'єкту керування в середовищі Simulink/MATLAB за однакових умов із моделюванням в середовищі Step 7 TIA Portal

Практичну доцільність розробки таких блоків зручно продемонструвати на прикладі моделювання системи автоматичного регулювання (САР) в складі ПІД-регулятора та ОК з астатичними властивостями.

При її моделюванні в середовищі Simulink/MATLAB (рис. 4) встановлення початкових умов на інтеграторах регулятора та ОК на рівні заданого значення $z=30$ та нульових початкових умов в ланці запізнення дозволяють отримати динамічну рівновагу в САР, яка порушується під дією зовнішнього збурення $f_n(t=5c)=0 \rightarrow 10$.

Рис. 4 – Моделювання САР в середовищі Simulink/MATLAB: а) схема; б) результати

Ставиться задача провести моделювання такої САР в середовищі Step 7 вже з використанням функціонального блоку FB PID_Compact, який входить до складу програмного забезпечення TIA Portal і рекомендується фірмою Siemens для застосування на практиці в якості ПІД-регулятора. Відповідна програма представлена на рис. 5.

Загальний блок даних GlobalDB1 служить в проекті для встановлення параметрів регулятора та ОК, а також для організації обміну з HMI-тегами.

Результати моделювання САР в середовищі TIA Portal представлені на рис. 6. Динамічна рівновага в системі забезпечується встановленням початкових умов на інтеграторі ОК (FB "Integ") на рівні заданого значення Setpoint=30. Якщо встановити аналогічне значення змінної ManualValue для FB PID_Compact, то можна досягти практично безударного переходу між ручним та автоматичним режимом роботи регулятора. При першому виклику його функціонального блоку початкові умови на інтеграторі регулятора встановлюються також на рівні заданого значення, що забезпечується значенням статичного тегу IntegralResetMode=4 [3].

Порівнюючи результати моделювання САР в двох середовищах (рис. 4 і 6), можна зробити висновок про практично ідентичну реакцію системи на дію зовнішнього збурення, що додатково переконує в коректності змін коду функціональних блоків бібліотеки "LSim", яка забезпечила можливість встановлення довільних початкових умов.

```

1  "PID_Compact_2"(Setpoint:="GlobalDB1".PID2.setpoint,
2  Input:="GlobalDB1".Obip.output,
3  ManualValue:="GlobalDB1".PID2.manualvalue,
4  ModeActivate:="GlobalDB1".PID2.modeActivate,
5  Output=>"GlobalDB1".PID2.output,
6  State=>"GlobalDB1".PID2.state,
7  Error=>"GlobalDB1".PID2.error,
8  ErrorBits=>"GlobalDB1".PID2.errorBits,
9  Mode:="GlobalDB1".PID2.mode);
10
11 IF NOT "GlobalDB1".PID2.disturbOn THEN
12   "GlobalDB1".Obip.input := "GlobalDB1".PID2.output - #zVitik;
13 END_IF;
14
15 IF "GlobalDB1".PID2.disturbOn THEN
16   "GlobalDB1".Obip.input := "GlobalDB1".PID2.output - #zVitik + #zDist;
17 END_IF;
18
19 "Object1p_DB"(input:="GlobalDB1".Obip.input,
20 gain:="GlobalDB1".Obip.gain,
21 tmLag1:="GlobalDB1".Obip.tmLag1,
22 initstate:="GlobalDB1".Obip.initstate,
23 initstatein:="GlobalDB1".Obip.initstatein,
24 cycle:="GlobalDB1".Obip.cycle,
25 delayCycles:="GlobalDB1".Obip."delayCycles",
26 output=>"GlobalDB1".Obip."output");
27
28 IF "GlobalDB1".PID2.mode="PID_Compact_2".State THEN
29   "GlobalDB1".PID2.modeActivate:=0;
30 END_IF;
31
32 IF #Initial_Call THEN
33   "GlobalDB1".Global.calcParam:=0;
34 END_IF;

```

а)

Object1p			
	Name	Data type	Default value
1	Input		
2	input	Real	0.0
3	gain	Real	0.0
4	tmLag1	Real	0.0
5	initstate	Real	0.0
6	initstatein	Real	0.0
7	cycle	Real	0.1
8	maxOut	Real	100.0
9	minOut	Real	0.0
10	calcParam	Bool	false
11	reset	Bool	false
12	Output		
13	output	Real	0.0
14	InOut		
15	delayCycles	UInt	0
16	Static		
17	zap	"Lag"	
18	apz	"PT1"	
19	inz	"Integ"	
20	Temp		
21	rtemp	Real	

IF...	CASE... OF...	FOR... TO DO...	WHILE... DO...	(*)...	REGION
1					#zap(input:=input, initstate:=initstate, delayCycles:=#delayCycles);
5					#apz(input:=#zap.output, tmLag1:=tmLag1, gain:=gain, cycle:=cycle, initstate:=#initstate, output=>#rtemp);
12					#inz(input:=#zap.output, tmLag1:=tmLag1, cycle:=cycle, initstate:=#initstatein, output=>#output);

б)

Рис. 5 – Моделювання в середовищі Step 7 TIA Portal: а) програма CAP; б) програма ОК

Рис. 6 – Результати моделювання CAP в середовищі TIA Portal:
 1 – момент вмикання ручного режиму керування; 2 – момент переходу в автоматичний режим;
 3 – момент початку компенсації впливу зовнішнього збурення

Обговорення результатів

В настановах [3, 4] спеціалісти фірми Siemens дають рекомендації по визначенню параметрів об'єкта керування зі статичними властивостями за результатами активного експерименту та на їх основі приводять залежності по визначенню параметрів регулятора. Однак там нема вказівок, як обирати налаштування регулятора в системі з ОК, у якого астатичні властивості і в моделі якого є інтегратор. Це змушує звертатись до інших літературних джерел, наприклад [5].

З певною обережністю слід застосовувати функцію самоналаштування, яка вбудована в алгоритм FB PID_Compact.

Рис. 7 – Приклад дії функції самоналаштування FB PID_Compact

Як видно з рисунку 7, ця функція передбачає активні пошукові зміни керуючої дії регулятора, що приводить до значних коливань керованої змінної ОК, а це допустимо далеко не для всіх технологічних процесів.

Автори цілком свідомі того, що матеріал статті не містить наукової новизни, але сподіваються, що вона принесе практичну користь спеціалістам, які використовують функціональні блоки ПІД-регулювання для контролерів Simatic S7-1200/S7-1500.

Висновки

Запропоновані зміни коду функціональних блоків бібліотеки "LSim", які реалізують ланку запізнення, інерційну ланку першого порядку, інтегруючу ланку, дозволяють врахувати довільні початкові умови в цих ланках, що забезпечує моделювання динамічно сталих режимів САР в середовищі Step 7 TIA Portal.

Список використаних джерел

- [1] Library for Controlled System Simulation with STEP7 (TIA Portal). ID: 79047707, V3.0.0. Siemens AG, 03/2017. 46 p.
- [2] Modular PID Control (Модульное ПИД-управление). Руководство пользователя. C79000-G7076-C121-01. Siemens AG, 1997. 258 с.
- [3] S7-1200, S7-1500 PID control Function Manual. A5E35300227-AC. Siemens AG, 12/2017. 551 p.
- [4] Closed-Loop Control with "PID_Compact" V2.2. Entry-ID: 79047707. Siemens AG, 03/2017. 43 p.
- [5] Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. Справочное пособие. Под ред. А.С. Ключева. М.: Энергоатомиздат, 1989. 368 с.

References

- [1] Library for Controlled System Simulation with STEP7 (TIA Portal). ID: 79047707, V3.0.0. Siemens AG, 03/2017. 46 p.
- [2] Modular PID Control. Rukovodstvo polzovatelya. C79000-G7076-C121-01. Siemens AG, 1997. 258 p.
- [3] S7-1200, S7-1500 PID control Function Manual. A5E35300227-AC. Siemens AG, 12/2017. 551 p.
- [4] Closed-Loop Control with "PID_Compact" V2.2. Entry-ID: 79047707. Siemens AG, 03/2017. 43 p.
- [5] "Naladka sredstv avtomatizatsii i avtomaticheskikh sistem regulirovaniya. Spravochnoe posobie,". A.S. Klyueva Ed. Moscow, Energoatomizdat, 1989. 368 p.

УДК 004.41

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПЕРЕВАГ ТА НЕДОЛІКІВ РІЗНОМАНІТНИХ ФРЕЙМВОРКІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕСТУВАННЯ

Антонова А.¹, Помогасв Д.²

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса, Україна

ORCID: ¹ <http://orcid.org/0000-0003-3599-0983>, ² <http://orcid.org/0000-0002-6212-4848>

E-mail: ¹ allaantonova62@gmail.com, ² dimonpom@gmail.com

Copyright © 2020 by author and the journal "Automation of technological and business-processes".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i4.1935>