



**JOHN ATANASOFF SOCIETY
OF AUTOMATICS AND INFORMATICS**

**JOHN ATANASOFF
CELEBRATION DAYS**

International Conference

**AUTOMATICS
AND
INFORMATICS'11**

PROCEEDINGS

Published by

**JOHN ATANASOFF SOCIETY
OF AUTOMATICS AND INFORMATICS**

Bulgaria, Sofia, October 3 - 7, 2011

JOHN ATANASOFF SOCIETY OF AUTOMATICS AND INFORMATICS

Secretariat Address

Bulgaria

1000 Sofia

108 Rakovsky str.

Tel. (+359 2) 987 61 69

Fax (+359 2) 987 61 69

e-mail: sai@infotel.bg

www.sai.infotel.bg

www.sai.bg

MODEL DESIGN FOR MACHINE CUTTING FEED MOTION CONTROL, BASED ON IEC-61499 STANDARD

СЪЗДАВАНЕ НА МОДЕЛ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ПОДАВАТЕЛНИ ДВИЖЕНИЯ ЗА МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ НА БАЗАТА НА СТАНДАРТА IEC-61499

Г. Попов Г.¹, И. Бачкова², Хр. Карамисhev¹

¹Технически Университет – София, МТФ, gepop@tu-sofia.bg

²Химико-технологичен и металургичен университет, София, idilia@uctm.edu

Abstract: The development and implementation of control systems, characterized by interoperability, portability and reconfiguration capability is essential to improve competitiveness and efficiency of today's production systems. One effort in this direction is connected with the standard for development of distributed process measurement and control systems – IEC-61499. This paper proposes an approach for transforming PLCopen based function blocks for motion control in the IEC-61499 based, and the development of IEC-61499 based model for machine cutting motion control with distributed error detection and diagnostic.

Key Words: IEC-61499, Function Block, Distributed Control System, Reconfigurable Machine Tools, PLC

УВОД

В съвременните производствени системи важна роля имат както системата за управление и мониторинг, така и диагностичната система. Разработката на софтуер за управление, мониторинг и диагностика е възможно чрез приложни програми, базирани на стандарта за моделиране на разпределени системи за измерване и управление на процеси IEC61499. Стандартът е разработен на базата на съществуващите стандарти IEC-61131-3 [1] за програмиране на програмируеми логически контролери (PLC) и IEC-61804 [2] в областта на използваните в непрекъснатите производства разпределени системи за управление (DCS). Управлението в една съвременна индустриална система трябва да бъде с отворена архитектура [3], с възможност да се добавят нови модули.

Докладът предлага подход за трансформиране на разработени от международната организация PLCopen [6] функционални блокове за управление на движения на базата на стандарта IEC-61131-3 за програмируеми логически контролери в новия стандарт за проектиране на разпределени системи за измерване и управление на процеси – IEC-61499, както и разработване на IEC-61499 модел за управление на цикъл на подавателна маса за металорежеща машина с децентрализирана диагностика на грешките, настъпили в системата.

КРАТЪК АНАЛИЗ НА СТАНДАРТА IEC 61131-3

Бурното развитие на електронните, комуникационни и информационни технологии през последното десетилетие доведе до ускореното внедряване и използване в областта на автоматизацията и управлението на програмируеми логически контролери. Влияние в това направление оказват следните фактори:

- Осигурява възможност за икономически целесъобразни решения при управлението на технологични обекти;
- Притежава добри качества за управление на технологични процеси в реално време;
- Налице е стандартизация в областта на PLC-управлението и голям брой специалисти;

- Висока надеждност на PLC.

Стандартът IEC-61131 дефинира пет основни езика за програмиране на PLC [1], разделени в два основни класа – графично и текстово ориентирани [4]. Графичните езици са Ладер диаграмите (Ladder Diagram - LD), Функционални блокови диаграми (Function Block Diagram - FBD) и функционални диаграми на последователност (Sequential Function Chart - SFC). Към текстовите езици спадат Структурирания текст (Structured Text - ST) и списък от инструкции (Instruction List - IL).

Основните недостатъци на IEC-61131 базираните приложения за управление, дискутирани в [4, 5] са:

- липса на ясно дефиниран ред за изпълнение на функционалните блокове;
- приложенията за управление в IEC-61131-3-базирания модел са монолитни и не могат да бъдат разпределяни на различни ресурси;
- назначаването на задачи към програмите и функционалните блокове не е с необходимата гъвкавост;
- начинът на изпълнение на IEC-61131-3-базираните функционални блокове (ФБ) не може да се използва при мрежи от ФБ, разположени на различни ресурси.

Въпреки изброените недостатъци, езиците за програмиране и концепцията, залегнали в стандарта намират широко приложение. През 1992 г. е създадена международната организация PLCopen, в чиято структура влизат голям брой производители, софтуерни фирми, независими организации и др. [6]. Една от основните задачи на организацията е разширяване на стандартизацията в областта на системите за управление на движенията, чрез дефиниране на библиотеки от многократно използваеми компоненти, дефинирани като функционални блокове, съгласно стандарта IEC-61131-3 [4]. Основните цели и очаквани резултати са: (а) преносимост на разработените модели за управление, (б) разработените модели са многократно използвани, т.е. чрез създаване на екземпляри един модел да се използва в различни софтуерни приложения, (в) намаляване на себестойността при разработката на софтуерни модели и приложения за управление на движения.

На база на машина на състоянията, описваща поведението на осите на високо ниво, са дефинирани различни по вид функционални блокове, организирани в подходящи библиотеки, както и правила и инструкции за тяхното съгласуване [6].

КРАТЪК АНАЛИЗ НА СТАНДАРТА IEC-61499

Стандартът IEC-61499 изхожда от необходимостта за създаването на по-общ модел, който да може да се използва както при проектиране на PLC, така и на разпределени системи за управление, като гарантира едновременно програмируемост, разпределеност и конфигурируемост на приложенията [7]. Стандартът е разработен на базата на съществуващите стандарти IEC-61131-3 [1] за програмиране на програмируеми логически контролери и IEC-61804 [2] в областта на използваните в непрекъснатите производства разпределени системи за управление (DCS). Стандартът IEC-61131-3 не позволява описване на събития, които се случват в една реална производствена система. Това е отразено в стандарта IEC-61499. Стандартът дефинира референтна архитектура, основни понятия и модели за разработка на модулни, многократно използвани, компонентно-базирани и отворени разпределени приложения за управление на индустриални процеси [4]. Стандартът подпомага създаването на реконфигуриращи се системи за управление, притежаващи следните основни характеристики: интероперазивност, портативност (преносимост) и способност за реконфигуриране.

Стандартът IEC-61499 дефинира шест базови референтни модела, които са в основата на разработката на разпределени системи за управление: модел на системата, модел на устройствата, модел на ресурсите, модел на приложението, модел на мениджмънта и модел на функционалния блок.

Референтните IEC-61499-базирани модели могат да бъдат използвани за следното:

- спецификация и стандартизация на типовете функционални блокове (ФБ);
- функционална спецификация и стандартизация на елементите на системата;
- конфигурация, имплементация, действие и поддръжка на разпределени системи за управление;
- обмен на информация между софтуерните инструменти за провеждането на описаните по-горе функции.

Стандартът IEC-61499 дефинира три базови типа ФБ – основен, съставен и интерфейсен ФБ за услуги. Системите за управление могат да се моделират като логически свързани ФБ чрез техните входове и изходи за данни и събития.

Един от основните модели в стандарта IEC-61499 е модела на съставния функционален блок. Той представлява свързани основни ФБ чрез връзка между входове и изходи за данни и събития от един тип. В мрежата на съставния ФБ могат да се свържат и по-малки съставни блокове. Стандартът разглежда блоковете, които имат в мрежата си други съставни ФБ като компонентни функционални блокове. Връзките за данни между компонентните блокове дефинират трансфера на стойностите на данните между изходите и входовете, докато връзките на събитията дефинират реда на изпълнение на алгоритмите в блоковете. На фиг.1 е представен примерен съставен ФБ с мрежа от три компонентни ФБ, които от своя страна могат да бъдат от различен тип.

Правилата за свързване на събитийни вход и изход са:

- Всеки съставен събитийни вход трябва да бъде свързан точно с един вход за събития на вътрешен компонентен ФБ или може да бъде свързан със събитийни изход на съставния ФБ.
- Всеки компонентен вход за събития трябва да бъде свързан точно с един компонентен изход за събития или с един вход за събития на съставния ФБ.
- Всеки изход за събития на компонентен ФБ може да бъде свързан само с точно един компонентен събитийни вход или с един съставен събитийни изход.
- Всеки събитийни изход на съставния ФБ трябва да бъде свързан с точно един изход за събития на компонентен ФБ или директно със събитийни вход на съставния ФБ.
- Някои събитийни входове и изходи на компонентен ФБ може да останат несвързани, при което алгоритми, асоциирани с несвързани събитийни входове няма да се изпълняват.
- Правилата за свързване на вход и изход за данни:
- Всеки вход за данни на съставния ФБ може да бъде (а) свързан с един или няколко входове за данни на вътрешните компонентни ФБ или (б) да бъде свързан директно с един или повече изходи за данни на съставния ФБ или и двете.
- Всеки вход за данни на компонентен ФБ може да бъде (а) несвързан, или (б) свързан с един изход за данни на компонентен ФБ, или (в) свързан с вход за данни на съставния ФБ. Стандартът не разрешава вход за данни на компонентен ФБ да се свързва с много изходи, защото на входа може да има неопределена стойност.
- Всеки изход за данни на съставния ФБ трябва да бъде свързан с: (а) един изход за данни на компонентен ФБ, или (б) с един изход за данни на съставен ФБ.
- Всеки изход за данни на компонентен ФБ трябва да бъде: (а) несвързан, (б) свързан с един или няколко входове за данни на компонентни ФБ, или (в) свързан с един или няколко изходи за данни на съставния ФБ.



Фиг.1: Модел на IEC-61499-съставен функционален блок

РАЗРАБОТКА НА МОДЕЛ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ДВИЖЕНИЯТА, БАЗИРАН НА СТАНДАРТА IEC-61499
Съществуват дългогодишни разработки на функционални блокове, алгоритми, системи за управление и среди за разработка, базирани на стандарта IEC-61131. От съществено значение е възможността за използване на тези разработки в процеса на проектиране на разпределени системи за управление. За това съществуват два основни подхода:

- Включване на IEC-61131 базираните алгоритми като съставна част на алгоритмите на базирания на стандарта IEC 61499 функционален блок [4];
- Трансформиране на базирания на стандарта IEC-61131 функционален блок във функционално съответстващ IEC-61499 базиран функционален блок [8].

В работата е възприет втория подход, който позволява проектирането на по-сложни, разпределени системи за управление. При него данните (входни или изходни), които

са булеви за базирания на IEC-61131 функционален блок се трансформират в събития (респективно входни или изходни).

На фиг.2 е даден примерен цикъл на работа на подавателна маса по дадена управляема ос, състоящ се от три работни хода: *бърз ход* за подвеждане на инструмента от изходната точка (т.А) до точка на технологично разстояние от повърхнината (т.В), която ще се обработва на детайла, *работен ход* по време на който се изпълнява необходимата технологична операция (до т.С) и *реверсивен ход*, при който инструментът се връща в изходно положение (т.А).



Фиг.2: Цикъл на работа на подавателна маса

След анализ на наличните в библиотеката на международната организация PLCOpen функционални блокове и на процеса, който трябва да се управлява, се установи, че е подходящо използването на три функционални блока, представени в табл.1. За моделиране на избраните ФБ е използвана програмната среда FBDK (Function Block Development Kit), разработена от Rockwell Automation [9].

В табл.1 е онагледена трансформацията на IEC-61131 базирания ФБ от библиотеката на международната организация PLCOpen в IEC-61499 базирани ФБ. Двата ФБ “Move_Absolute” и “Move_Relative” са предназначени за управление на движенията по една ос. Входните събития за двата блока са INIT (EVENT), за първоначална инициализация на ФБ и Execute (EVENT), за стартиране на движението, като на входа за данни е постъпила стойност на променлива, която активира работата на ФБ, като изпълнение на съответстващ алгоритъм, преминаване от едно състояние на ECC в друго и т.н. Изходните събития са следните. Събитие INITO настъпва при завършване на инициализацията. При генериране на събитието DONE се съобщава, че зададената позиция, или дистанция е достигната. Събитието Busy показва, че ФБ не е приключил с операциите си, а Active показва, че ФБ управлява оста. При прекратяване на текуща команда (управляващ сигнал) от друга команда, се генерира изходно събитие CommandAborted. Ако настъпи грешка в самия ФБ се генерира изходно събитие Error, което е свързано с изхода за данни ErrorID за идентифициране на грешката.

Трансформираните ФБ за управление на движенията и разработеният диагностичен блок за дефиниране на грешки в основните ФБ са включени в съставен ФБ (фиг.3) за управление на движения според цикъла от фиг.2. Включени са екземпляри на три типа основни ФБ “E_MC_Move_Absolute”, “E_MC_Move_Relative” и “E_Ton”, изпълнявани в посочената последователност. Функционалният блок “Move_Absolute” реализира подавателно движение на приставката с максимална подавателна скорост V_f^{max} до позиция 1 (движение от т.А до т.В според фиг.6). След достигане до т.В се генерира изходното събитие “Done”, при което се задейства изпълнението на инициализацията функционален блок “E_MC_Move_Relative”. Този блок превключва движението на масата в работен ход по оста с технологично определена скорост V_f , като т.С, до която трябва да се достигне е зададена относително спрямо т.В. След достигането в т.С и генерирането на изходно събитие “Done”, започва действието на функционален блок “E_Ton”, който предизвиква спиране на мотора за зададен период от време, след което отново се изпълнява друг екземпляр на

функционалният блок “E_MC_Move_Absolute” за бързо връщане на приставката в първоначалната изходна позиция с максимална скорост V_f^{max} до достигане на т.А. При настъпване на грешка в някоя от ФБ, тя се идентифицира от екземпляр на ФБ ErrorDiag_BFB.

Табл.1. Трансформация на IEC-61131 базирани ФБ в IEC-61499 базирани ФБ

ФБ в IEC 61131	ФБ в IEC 61499
Функционален блок “Move_Absolute”	
Функционален блок “Move_Relative”	
Функционален блок “Ton”	

Фиг.3: ФБ за диагностика на грешки за основни ФБ за управление на движения

За разширяване на възможностите на модела за управление на подавателните движения, съгласно цикъла от фиг.2 е разработен и ФБ за диагностика на грешките на основни ФБ за управление на движения, който е предназначен за определяне на вида грешка, която е предизвикана в съставен или компонентен ФБ. На фиг. 3 е представен интерфейса на този ФБ, а в табл.2 са описани неговите входни и изходни събития и данни.

При поява на сигнал, чиято стойност е извън предварително зададените, диагностичният ФБ генерира изходно събитие Parameter_out_of_Range. Ако настъпи несъответствие в машината на състоянието на диагностицирания блок се генерира изходно събитие Error_StateMachine. В случай на грешка или неизправност в комуникационната система се генерира изходно събитие Error_Communication. Изходно събитие Error_Drive се генерира при следните случаи: неизправност в електромотора по съответната управляема ос, неизправност в сачмено-винтовата предавка, неизправност в лагеруването.

На фиг. 4 е представена мрежа от ФБ за управление на подавателна маса за металорежеща машина с диагностични функции.

Табл.2. Описание на събитията и данните на ФБ за диагностика на грешки на ФБ за управление на движения

Вид на променливата	Тип	Описание
Входни събития		
INIT	EVENT	Инициализация на ФБ.
OccurError	EVENT	Настъпила грешка във ФБ.
Изходни събития		
INITO	EVENT	Инициализацията завършена.
ErrorStop	EVENT	Спиране на изпълнението на проверявания ФБ.
Parameter_out_of_Range	EVENT	Входен параметър на диагностицирания блок е със стойност над допустимото.
Error_StateMachine	EVENT	Грешка в машина на състоянието в диагностицирания блок.
Error_Communication	EVENT	Грешка в комуникацията.
Error_Drive	EVENT	Грешка в задвижването.
Входни данни		
Axis	Axis_REF	Данна със структура съдържаща информация за съответната управляема ос.
ErrorID	WORD	Идентификатор на грешките.
QI	BOOL	Идентификатор на входните събития
Изходни данни		
AxisO	Axis_REF	Данна със структура съдържаща информация за съответната управляема ос.
Diag_Error_ID	WORD	Идентификатор на грешките, които са разпознати от диагностичния ФБ.
QO	BOOL	Идентификатор на изходните събития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ДИСКУСИЯ

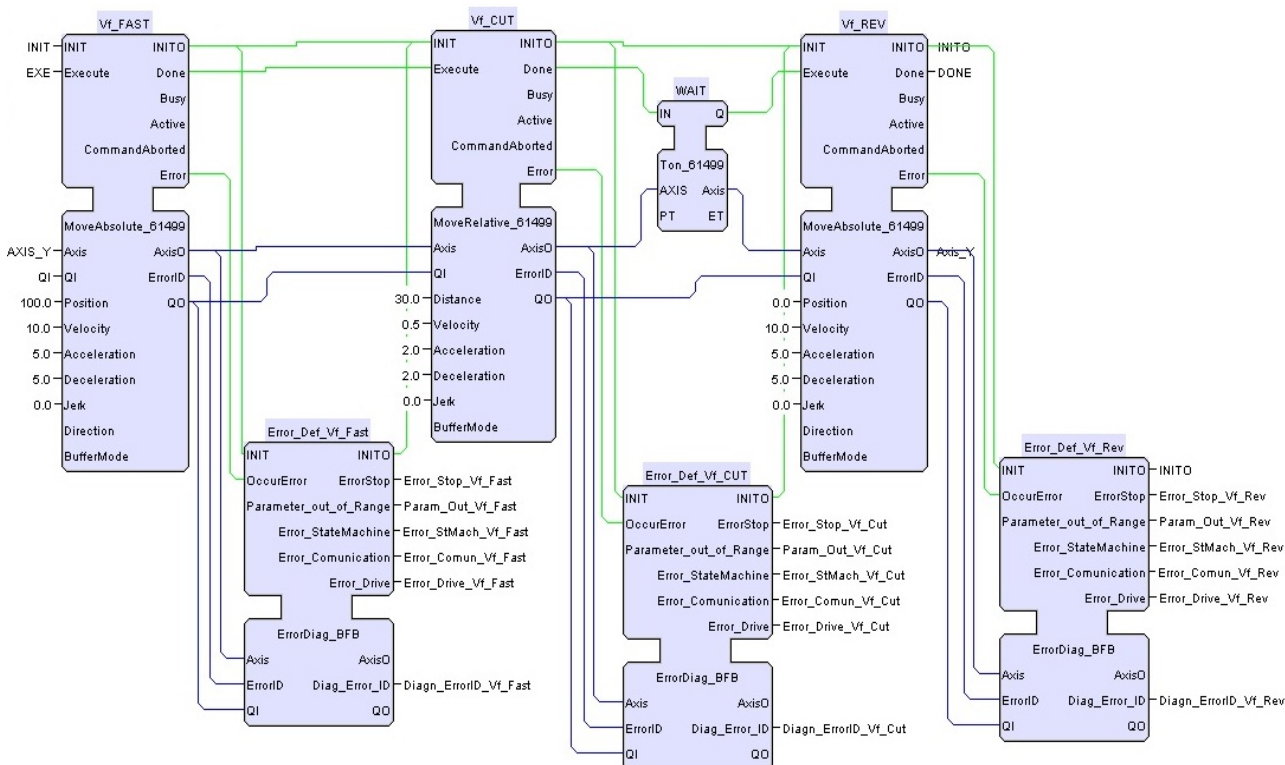
- След анализ на библиотеките с функционални блокове на организацията PLCOpen, които са базирани на стандарта IEC-61131-3, са подбрани и трансформирани в стандарта IEC-61499 три ФБ, които изпълняват условията за управление на подавателна маса за металорежеща машина.
- След трансформацията към функционалните блокове е добавена функционалност, свързана с извличане на диагностична информация и добавяне на вход на данни QI и изход на данни QO.

- Разработен и описан е ФБ за диагностика на основни ФБ за управление на движенията.
- Създаден е модел за управление на цикъл на подавателна маса за металорежеща машина с възможност за извличане на диагностична информация.

Чрез извличането на диагностична информация за грешките е възможно чрез включване в системата за управление на мениджър - агент и реконфигурируем - агент да се създаде възможност за управление, диагностика и реконфигуриране на една интелигентна система за управление.

ЛИТЕРАТУРА

1. John K.H., M. Tiegelkamp, IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 2001.
2. IEC/TS 61804-1, Function blocks (FB) for process control - Part 1: Overview of system aspects, Ed. 1.0, 2003.
3. Pritschow G., M. Seyfarth, "Werkzeuggestützte Konfigurierung offener Steuerungen", Werkstattstechnik online, Jahrgang 93, 2003, S. 351-354.
4. Бачкова И., Г. Попов, Г. Стамболов, И. Антонова, „Проектиране на отворени разпределени системи за управление на базата на стандарта IEC 61499“, Journal of the TU-Plovdiv "Fundamental Sciences and Applications", Vol. 13, 2006, Anniversary Scientific Conference".
5. Lewis R, Modeling Control Systems using IEC-61499, The Institution of Electrical Engineers", London, United Kingdom, 2001.
6. Международна организация PLCOpen, www.plcopen.org
7. IEC 61499-1, Function Blocks for Industrial-Process Measurement and Control Systems – Part 1: Architecture, 2003.
8. Sunder C., A. Zoitl, F. Mehofer and B. Favre-Bulle, Advanced use of PLCopen motion control library for autonomous servo drives in IEC-61499 based automation and control systems, Elektrotechnik und Informationstechnik, Mai 2006, pp. 191-196.
9. FBDK, www.holobloc.com



Фиг.4: Мрежа от ФБ за управление на подавателна маса за металорежеща машина с диагностични функции