

IEC 61499 БАЗИРАНО УПРАВЛЕНИЕ НА РЕКОНФИГУРИРАЩА СЕ ПРОИЗВОДСТВЕНА СТАНЦИЯ

Христо Карамисhev

Резюме: Появата на стандарта IEC 61499 доведе до разширяване на свойствата на системите за управление основно в три направления – възможност за разработване на разпределени системи за управление, увеличаване на комуникационните възможности и динамично реконфигуриране на системата. В настоящата статия е предложена нова конфигурация на станция Festo MPS Processing, като е разработено IEC 61499 - базирано управление за нея.

Ключови думи: стандарт IEC 61499, системи за управление, реконфигуриране, производствена станция

IEC 61499-BASED CONTROL OF RECONFIGURABLE PROCESSING STATION

Hristo Karamishev

Abstract: The occurrence of IEC 61499 standard led to the expansion of control system properties mainly in three directions – possibility to develop a distributed control systems, increasing communication capabilities and dynamic reconfiguration of the system. In this paper a new configuration of Festo MPS Processing station is proposed and IEC 61499 based control system for her is developed.

Keywords: IEC 61499 Standard, control systems, reconfiguration, processing station

1. ВЪВЕДЕНИЕ

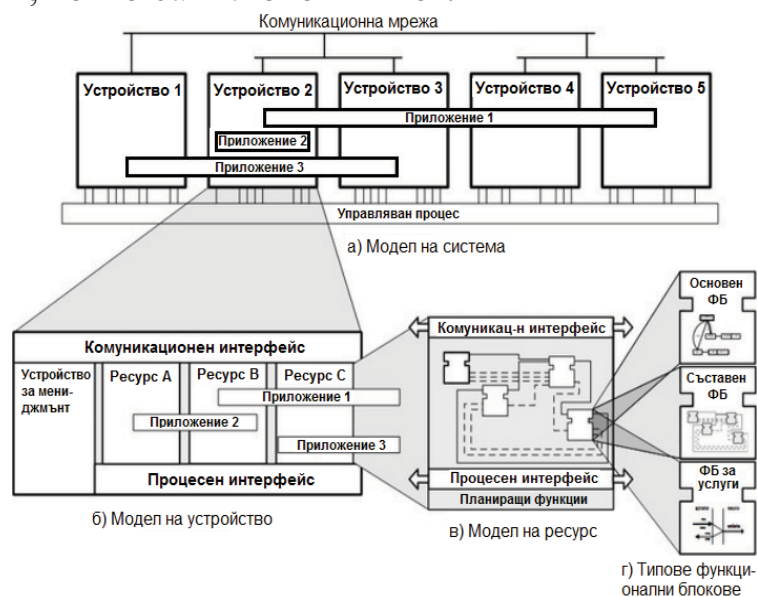
С появата на стандарта IEC 61499 е налице стандарт за проектиране на разпределени системи за управление с функционални блокове [1, 2]. Стандартът IEC 61499 дефинира как могат да се използват функционалните блокове в разпределени системи за измерване и управление на индустриални процеси, като може да подпомогне решаването на част от проблемите при семантичната интеграция [1]. Предлаганите в стандарта методи позволяват разработката на модулни, многократно използваеми, компонентно-базирани, отворени и независими решения, и тяхната комбинация в разпределените системи за управление. Като резултат се създават реконфигуриращи се системи, притежаващи важните свойства: оперативна съвместимост, преносимост и способност за реконфигуриране, чието постигане е една от основните причини за появата на стандарта IEC 61499 [3].

2. РЕФЕРЕНТНИ МОДЕЛИ, ДЕФИНИРАНИ В СТАНДАРТА IEC 61499

Създаването и поддръжката на IEC 61499-базирани модели за управление би довело до [4]: намаляване на цената на системата за управление; редуциране на времето за имплементация; по-ниска цена на хардуерните компоненти.

Стандартът IEC 61499 включва съвременни софтуерни технологии, като например [5]: капсуловане на функционалност, компонентно-базирано проектиране на системи за управление, събитийно-управляемо изпълнение на моделите за управление, както и разпределяне на функционалност.

Основните модели, дефинирани в стандарта IEC 61499, чрез които могат да се създават разпределени и реконфигуриращи се системи за управление са обобщени на фиг.1. Стандартът IEC-61499 описва три типа модели на функционални блокове – основни функционални блокове (Basic Function Blocks), съставни функционални блокове (Composite Function Blocks) и функционални блокове за услуги (Service Interface Function Blocks). Моделът на основния ФБ е главна структурна единица, дефинирана в стандарта. С мрежа от функционални блокове се създават моделите на приложението (Application), което може да се разпределя между различни устройства (Devices), както и ресурси (Resources). Моделът на системата включва в структурата си всички модели, дефинирани от стандарта, като дефинира връзките между комуникиращи помежду си устройства и приложения, които са включени в нея.



Фиг.1. Референтни IEC-61499 базирани модели [6]

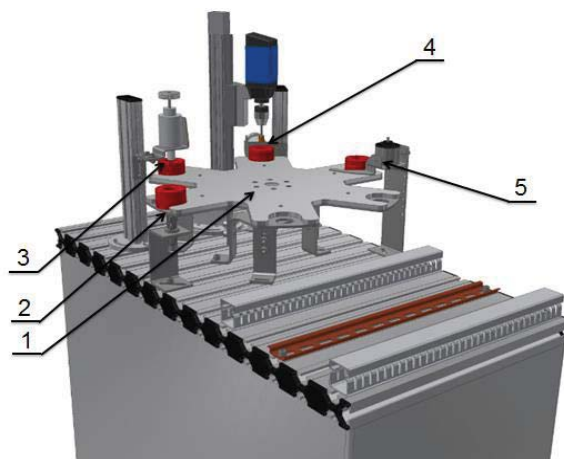
3. ПРОИЗВОДСТВЕНА СТАНЦИЯ FESTO

Конфигурацията на базовия вариант на обработващата станция, която съответства на станцията FESTO MPS Processing, има компоновката, представена на фиг.2.

Компонентите, включени в станцията са:

1. Делителна шестпозиционна въртяща се маса;
2. Входна/първа позиция на масата със сензор за постъпил детайл;

3. Сензор за постъпил детайл, тестващ модул;
4. Сензор за постъпил детайл, фиксиращ модул и обработващ модул;
5. Изходна/четвърта позиция на масата и изтласкващ модул.



Фиг.2. Компоновка на станция FESTO MPS Processing [7]

Модулите за компоноване на базовия вариант на станцията са представени на фиг.3÷ фиг.7 [7]. Станцията е окомплектована със следните модули: модул „Делителна шестпозиционна въртяща се маса“ (фиг.3), „Тестващ модул“ (фиг.4), „Фиксиращ модул“ (фиг.5), „Модул вертикална вретенна глава“ (фиг.6) и „Изтласкващ модул“ (фиг.7).



Фиг.3.

Модул „Делителна шестпозиционна въртяща се маса“



Фиг.4.

„Тестващ модул“



Фиг.5.

„Фиксиращ модул“



Фиг.6.

„Модул вертикална вретенна глава“



Фиг.7.

„Изтласкващ модул“

4. РЕКОНФИГУРИРАНЕ НА КОМПОНОВКАТА НА ПРОИЗВОДСТВЕНАТА СТАНЦИЯ

За увеличаване на технологичните възможности и създаване на реконфигурираща се производствена станция са разработени два нови модула:

- „Модул вретенна глава тип Полуарка“ (фиг.8) - с възможност за обработване на произволно разположени повърхнини в обхвата $0^\circ \div 90^\circ$;
- „Модул тестващ тип Полуарка“ (фиг.9) - с възможност за контрол на произволно разположени повърхнини в обхвата $0^\circ \div 90^\circ$.



Фиг.8.

„Модул вретенна глава тип Полуарка“



Фиг.9.

„Модул тестващ тип Полуарка“

С разработените два нови модула, компоновката на станцията може да се реконфигурира, като тук е предложен варианта, представен на фиг.10, включващ следните компоненти:

A. Първа входно-изходна позиция на масата; **1.** Делителна шестпозиционна въртяща се маса;

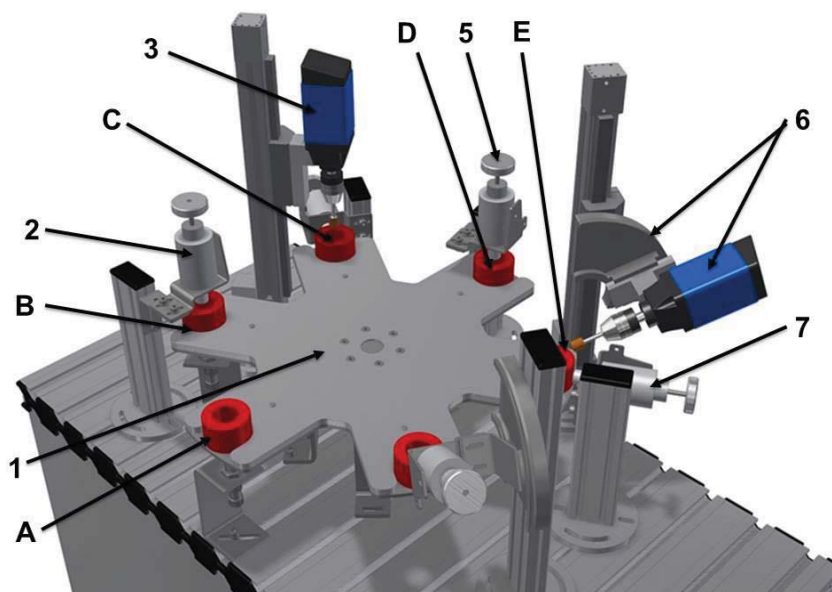
B. Втора позиция на масата; **2.** „Тестващ модул първи“;

C. Трета позиция (първа обработваща); **3.** „Модул вертикална вретенна глава“; **4.** „Фиксиращ модул първи“;

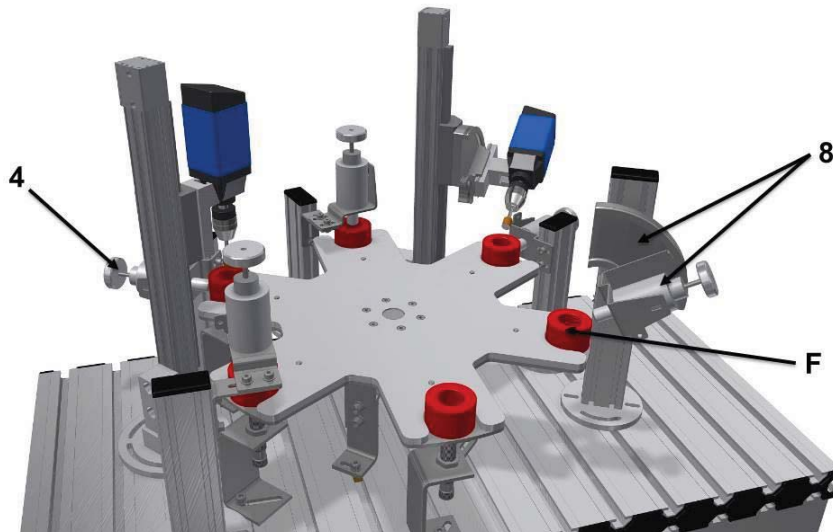
D. Четвърта позиция; **5.** „Тестващ модул втори“;

E. Пета позиция (втора обработваща); **6.** „Модул вретенна глава тип Полуарка“; **7.** „Фиксиращ модул втори“;

F. Шеста позиция; **8.** „Модул тестващ тип Полуарка“.



Фиг.10.a. Реконфигурируем вариант на станция FESTO

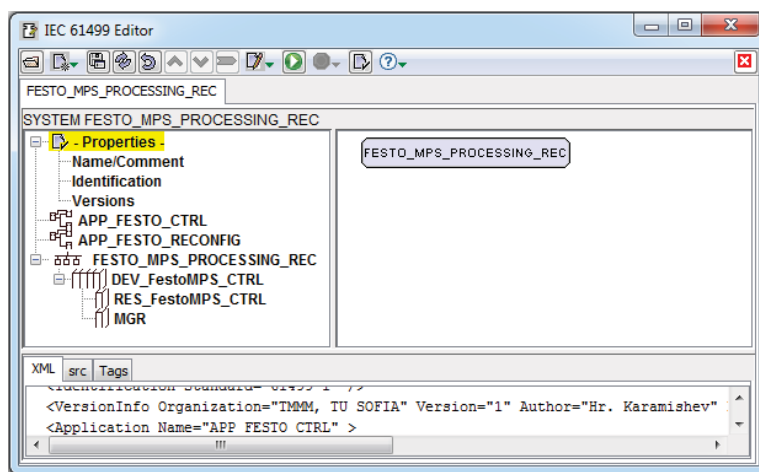


Фиг.10.б. Реконфигурируем вариант на станция FESTO

5. IEC 61499-управление на производствената станция

Управлението на реконфигурируемия вариант на производствена станция FESTO е базирана на моделите, дефинирани в стандарта IEC 61499. На фиг.11 е дадена IEC 61499 базираната система за управление на станцията. Моделите, които са включени в системата са:

- **APP_FESTO_CTRL** - приложение за управление на станцията;
- **APP_FESTO_RECONFIG** - приложение за реконфигуриране на управлението на станцията;
- **DEV_FestoMPS** - устройство за управление на станцията;
- **RES_FestoMPS** - ресурс за управление на станцията;
- **MGR** - ресурс за отделено управление на ресурса за управление на станцията.



Фиг.11. Интерфейс на системата

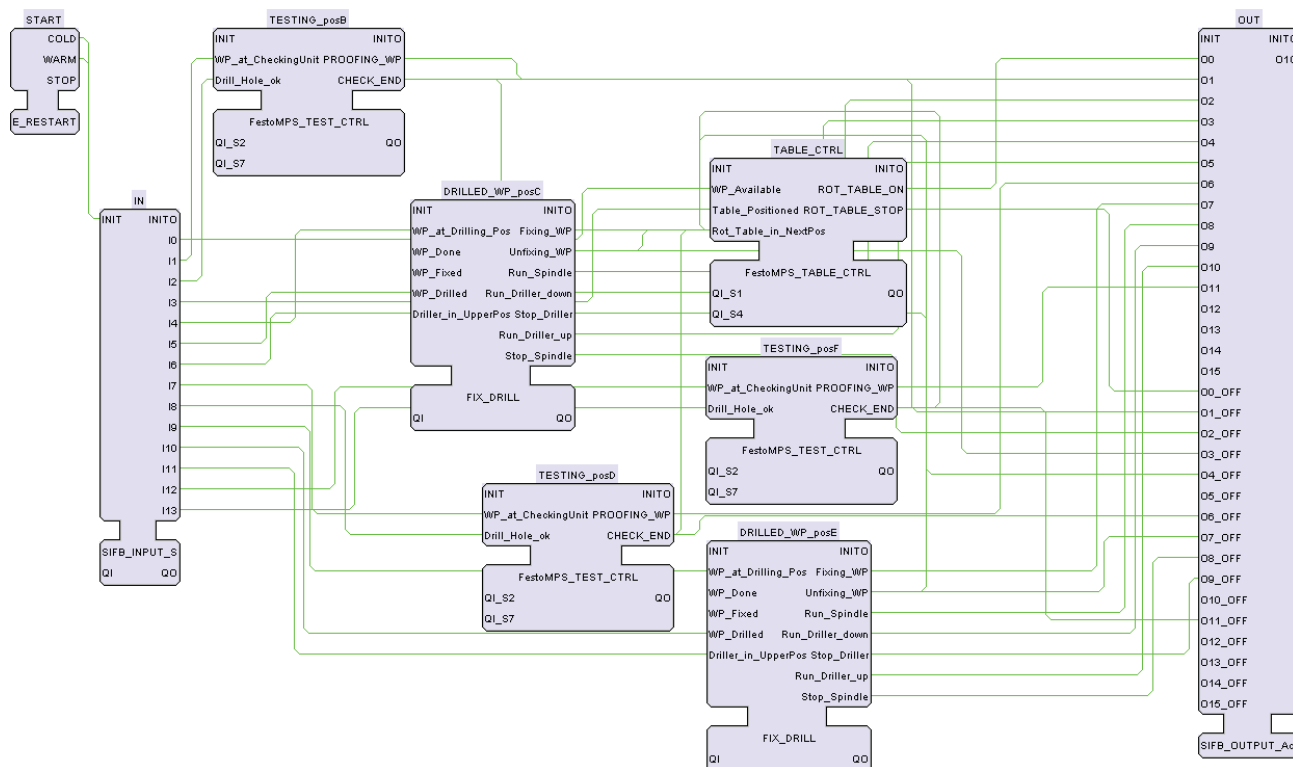
Устройството “DEV_FestoMPS” е тип RMT_DEV за мениджмънт на отдалечен

тип устройство. В устройството са включени два ресурса – “RES_FestoMPS” и “MGR”. Ресурсът “RES_FestoMPS” съдържа управлението на операциите, които трябва да изпълни управляващото устройство и се програмира да е тип вграден ресурс EMB_RES. Ресурсът “MGR” е тип RMT_RES и е предназначен за отдалечен мениджмънт на ресурса “RES_FestoMPS”. Управлението на устройствата се изпълнява чрез ресурса “MGR”, който е включен в типа устройство RMT_DEV.

Управлението на станцията се осъществява от ресурса “RES_FestoMPS”, представен на фиг.12. Последователността на работа е следната.

А. Постъпване на нов детайл във входно/изходната позиция на станцията А

При постъпване на детайл (Д) в поз.А на станцията, сигналът от сензор S1 постъпва на вход I0 на входния интерфейс ФБ за услуги (ИФБУ) “IN”. Този сигнал се подава в събитийен вход WP_Available на ФБ за управление на въртящата се маса “TABLE_CTRL”. Генерира се изходно събитие ROT_TABLE_ON към изход O0 на изходен ИФБУ “OUT”, чрез който се включва електромотора на масата M1.



Фиг.12. IEC 61499-ресурс за управление на производствената станция

Б. Постъпване на детайла във втора позиция В

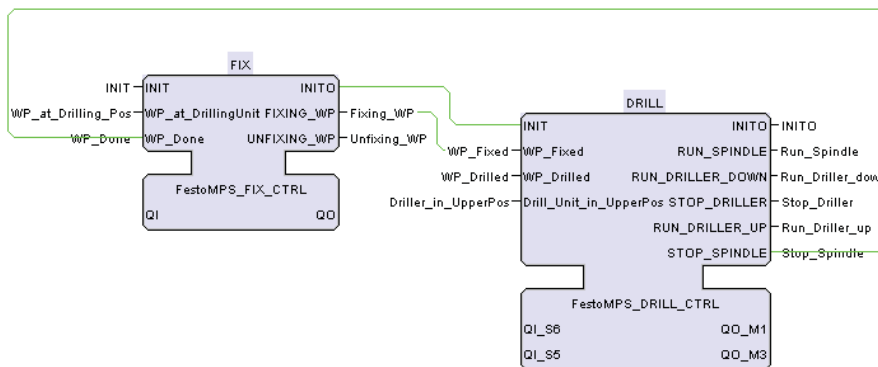
Масата се завърта на 60°. При завъртане на масата на една позиция от сензор S2 (предназначен за създаване на сигнал за точно позициониране на масата в съответните позиции) постъпва сигнал на вход I3 на станцията указващ позициониране на масата. Чрез входният ИФБУ постъпва сигнал в събитийен вход Table_Positioned на ФБ за управление на въртящата се маса “TABLE_CTRL”.

Генерира се изходно събитие **ROT_TABLE_STOP**, което се подава към събитийен вход **O0_OFF** на изходния ИФБУ “**OUT**” за изключване на електромотора на масата **M1**. Масата се позиционира и **Д** постъпва във втора позиция **В**. Тук се прави проверка за правилното установяване на **Д**.

Сензорът **S3** регистрира детайла и сигналът от него, чрез входа **I1** постъпва във вход **WP_at_ChekingUnit** на ФБ за проверка на детайла в поз. **В** – „**TESTING_PosB**“. Генерира се изходно събитие **PROOFING_WP**, което се подава към вход **O1** на изходен ИФБУ “**OUT**”. Включва се първи тестващ механизъм **M2**. При крайно долно положение на тестера се създава сигнал от сензор **S4**, през входа **I2**, се подава към събитийен вход **Drill_Hole_ok**, показващ, че тестовата процедура на детайла е завършила и резултатът от нея е положителен. Генерира се изходно събитие **CHECK_END**. То се подава към събитийен вход **O1_OFF** на изходния ИФБУ за изключване на първи тестващ механизъм. Изходното събитие **CHECK_END** на ФБ “**TESTING_PosB**” се явява и входно събитие **Rot_Table_in_NextPos** на ФБ “**TABLE_CTRL**”. Генерира се изходно събитие **ROT_TABLE_ON** за завъртане на делителната маса на 60°.

В. Постъпване на детайла в трета позиция С

Трета позиция е обработваща, като в нея има фиксиращ модул за установяване на детайла в позицията и модул „Вертикална вретенна глава“ – за изпълнение на предвидената технологична операция в позицията. За управлението на двата модула в позицията е създаден съставен ФБ „**Fix_Drill**“, който съдържа екземпляри на функционалните блокове за управление на фиксиращия “**FIX**” и обработващия модул „**DRILL**“, както е показано на фиг.13.



Фиг.13. Мрежа от блокове на съставен ФБ „**Fix_Drill**“

При постъпване на **Д** в поз.С на станцията, сензорът **S5** подава сигнал, който постъпва на вход **I4** на станцията. Чрез входния ИФБУ “**IN**” постъпва сигнал в събитийен вход **WP_at_DrillingUnit** на ФБ за управление на модулите в поз. **С** – “**DRILLED_WP_posC**”. Детайлът се фиксира чрез фиксиращия механизъм след генериране на изходно събитие **FIXING_WP**. Този сигнал се подава към събитийния вход **WP_Fixed** на ФБ “**DRILL**” и към събитийен вход **O3** на изходния ИФБУ “**OUT**”, чрез който се управлява изпълнителния механизъм (соленоид) на фиксиращия модул **M4**. След фиксиране на детайла на събитийния вход **WP_Fixed** на ФБ “**DRILL**” постъпва сигнал. Генерира се изходно събитие **RUN_SPINDLE** за включване на главния електромотор (движението на рязане). Този сигнал се подава към събитийен вход **O2** на изходен ИФБУ “**OUT**”, управ-

ляващ главния електромотор на пробивния модул **M3**. Функционалният блок **“DRILL”** е програмиран така, че след включване на главното движение се включва електромоторът за подавателно движение за линейно преместване на вретения модул към детайла. Генерира се изходно събитие **RUN_DRILLER_DOWN**. Този сигнал се подава към събитийен вход **O4** на изходния ИФБУ **“OUT”**, чрез който се управлява подавателният електромотор на пробивния модул **M5** за движение от горна към долна позиция. При достигане на вретенната глава до сензора **S6** се подава сигнал към вход **I5** на станцията. Чрез входния ИФБУ постъпва сигнал в събитийен вход **WP_Drilled** на ФБ за управление на пробивния модул **“DRILL”**. Генерира се изходно събитие **STOP_DRILLER**. Сигналят се подава към събитийен вход **O4_OFF** на изходния ИФБУ и електромотора **M5** се изключва. След изключване на електромотора за подавателно движение и изчакване на технологично време $T=1s$ се включва електромоторът **M5** с реверсиращо движение за отвеждане на инструмента в крайно горно положение. Генерира се изходно събитие **RUN_DRILLER_UP**. Този сигнал се подава към събитийен вход **O5** на изходния ИФБУ. При достигане на вретения модул в крайно горно положение, сензор **S7** изпраща сигнал към вход **I3** на станцията. Чрез входния ИФБУ сигналят се изпраща в събитийен вход **Driller_in_UpperPos** на ФБ за управление на пробивния модул **“DRILL”**. Генерира се изходно събитие **STOP_DRILLER**, като се подава към събитийен вход **O4_OFF** на ИФБУ и електромотора **M5** се изключва. Генерира се също и изходно събитие **STOP_SPINDLE** за спиране на въртенето на инструмента, като сигнала се подава към събитийен вход **O2_OFF** на изходен ИФБУ. Сигналят **STOP_SPINDLE** се подава и към събитийен вход **WP_Done** на ФБ за управление на фиксиращия модул **“FIX”**. Генерира се изходно събитие **UNFIXING_WP**. Този сигнал се подава към събитийен вход **O3_OFF** на изходен ИФБУ **“OUT”**, управляващ изпълнителния механизъм на фиксиращия модул **M4**. Събитийният изход **UNFIXING_WP** на ФБ **“DRILLED_WP_posC”** се свързва и към събитийния вход **Rot_Table_in_NextPos** на ФБ **“TABLE_CTRL”**. Когато постъпи сигнал в него, се генерира изходно събитие **ROT_TABLE_ON**, за завъртане на масата, съответно **D** на следващата позиция.

Г. Постъпване на детайла в четвърта позиция D

В четвърта позиция **D** се изпълнява контрол на обработената вертикална повърхнина на **D**. Сензорът **S8** установява детайла и сигналят от **I7** постъпва във вход **WP_at_ChekingUnit** на ФБ за проверка на детайла в поз. **D** -, **“TESTING_PosD”**. Генерира се изходно събитие **PROOFING_WP**, което се подава към вход **O6** на изходен ИФБУ **“OUT”**. Включва се втори тестващ механизъм **M6**. При крайно долно положение на тестера се създава сигнал от сензор **S9**, през входа **I8**, се подава към събитийен вход **Drill_Hole_ok**. Генерира се изходно събитие **CHECK_END**, което се подава към събитийен вход **O6_OFF** на изходния ИФБУ за изключване на втори тестващ механизъм. Изходното събитие **CHECK_END** на ФБ **“TESTING_PosB”** се явява и входно събитие **Rot_Table_in_NextPos** на ФБ **“TABLE_CTRL”**. Генерира се изходно събитие **ROT_TABLE_ON** за завъртане на делителната маса на 60° .

Д. Постъпване на детайла в трета позиция Е

В пета позиция се изпълнява обработване на повърхнина в обхвата $0^{\circ} \div 90^{\circ}$. Завъртането на вретенната глава на необходимият ъгъл се изпълнява предварително. Управлението на модулите в тази позиция е аналогично на това в поз. С. При постъпване на Д в поз.Е на станцията, сензорът **S10** подава сигнал, който постъпва на вход **I9** на станцията. Сигналят постъпва в събитиеен вход **WP_at_DrillingUnit** на ФБ за управление на модулите в поз.Е – **“DRILLED_WP_posE”**. Детайлът се фиксира чрез фиксиращия механизъм след генериране на изходно събитие **FIXING_WP**. Този сигнал се подава към събитиеен вход **O7** за включване на втори фиксиращ модул **M7**. След фиксиране на детайла се генерира изходно събитие **RUN_SPINDLE** за включване на главния електромотор. Този сигнал се подава към събитиеен вход **O8** за включване на главния електромотор на пробивния модул **M8** в поз.Е. Генерира се и изходно събитие **RUN_DRILLER_DOWN**, което се подава към вход **O9** за включване на подавателният електромотор на пробивния модул **M9** за движение от изходно положение, към работната зона. При достигане на вретенната глава до сензора **S11** се подава сигнал от вход **I10** към събитиеен вход **WP_Drilled**, генерира се изходно събитие **STOP_DRILLER**. Сигналят се подава към събитиеен вход **O9_OFF** и електромотор **M9** се изключва. След изтичане на технологично време $T=1s$ се включва електромоторът **M9** с реверсиращо движение за отвеждане на инструмента в изходно положение. Генерира се изходно събитие **RUN_DRILLER_UP** и от събитиеен вход **O10** се включва мотора **M9**. При достигане на вретенния модул в изходно положение, сензор **S12** изпраща сигнал към вход **I11** на станцията. Сигналят постъпва в събитиеен вход **Driller_in_UpperPos**, генерира се изходно събитие **STOP_DRILLER**, като се подава към събитиеен вход **O9_OFF** и електромотор **M9** се изключва. Генерира се също и изходно събитие **STOP_SPINDLE** за спиране на главното движение, като сигнала се подава към събитиеен вход **O8_OFF**. Сигналят **STOP_SPINDLE** се подава и към събитиеен вход **WP_Done** на ФБ за управление на фиксиращия модул **“FIX”**. Генерира се изходно събитие **UNFIXING_WP**. Този сигнал се подава към събитиеен вход **O7_OFF** за изключване на втори фиксиращ модул **M7**. Сигнал се подава и към събитийния вход **Rot_Table_in_NextPos** на ФБ **“TABLE_CTRL”**, генерира се изходно събитие **ROT_TABLE_ON**, за завъртане на масата, съответно Д на следващата позиция.

Е. Постъпване на детайла в четвърта позиция F

В шеста позиция **F** се проверява обработената повърхнина на Д. Сензорът **S13** установява детайла и създава сигнал, който от вход от **I12** постъпва във вход **WP_at_ChekingUnit** на ФБ за проверка на детайла в поз. **D** - „**TESTING_PosF**“. Генерира се изходно събитие **PROOFING_WP**, което се подава към вход **O11** на ИФБУ **“OUT”**. Включва се трети тестващ механизъм **M10**. При крайно положение на контролното устройство се създава сигнал от сензор **S14**, през входа **I13**, се подава към събитиеен вход **Drill_Hole_ok**. Генерира се изходно събитие **CHECK_END**, което се подава към събитиеен вход **O11_OFF** на изходния ИФБУ за изключване на трети тестващ механизъм. Изходното събитие

CHECK_END на ФБ “**TESTING_PosF**” се явява и входно събитие **Rot_Table_in_NextPos** на ФБ “**TABLE_CTRL**”. Генерира се изходно събитие **ROT_TABLE_ON** и масата се завърта на 60°. Обработеният и проверен детайл постъпва в поз.А, от където се премества към следваща станция чрез робот или манипулатор.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стандартът IEC 61499 улеснява проектирането на системи за управление, като отговаря както на нарастващите изисквания към съвременните системи за управление в реално време, така и на актуалното състояние на информационните и интернет технологии. Моделите дефинирани в стандарта подпомагат разработката на динамично реконфигуриращо се управление, което е едно от основните им предимства в сравнение с моделите, дефинирани в трета част на стандарта IEC 61131.

В настоящата статия е предложена реконфигурирана конфигурация на станция Festo MPS Processing, като е разработено IEC 61499 базирано управление за нея. Създадени са базирани на стандарта IEC 61499 приложение, ресурс и устройство за управление на станцията. Дефинирано е и приложение за динамично реконфигуриране на управлението на станцията, чието създаване предстои.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lewis R. (2008), *Modelling control systems using IEC 61499*, The Institution of Electrical Engineers London, United Kingdom.
- [2] Christensen, J., *Basics concepts of IEC61499*, <http://www.holobloc.com>.
- [3] Hussain T., G. Frey (2005), *Migration of a PLC Controller to an IEC 61499 Compliant Distributed Control System: Hands-on Experiences*, ICRA'05, pp. 3995 – 4000.
- [4] IEC 61499-3 (2003), *Function Blocks for Industrial-Process Measurement and Control Systems – Part 3: Technical Report-Tutorial Information*, 23.01.2003.
- [5] Vyatkin V. (2012), *IEC 61499 Function blocks for embedded and distributed control systems design*, Second Edition, Aucland University, New Zealand, pp. 260.
- [6] <http://www.fordiac.org>
- [7] Карамисhev Хр. (2013), *Методология за изграждане, управление и диагностика на реконфигуриращи се металорежещи машини, базирани на стандарта IEC 61499*, дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор”, 226 стр.

Автор: Христо Карамисhev, гл. ас. д-р, катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини”, Машино-технологичен Факултет, Технически Университет - София, E-mail address: hristo_karamishev@tu-sofia.bg

Постъпила на 10.10.2014

Рецензент проф. д-рн Георги Попов