

ПРИЛОЖНО РЕШЕНИЕ ЗА РАЗПРЕДЕЛЕНО УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕН ПРОЦЕС С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ЕТЕРНЕТ МРЕЖА

Лъчезар Живков, Васил Попов, Радослав Хрисчев, Никола Шакев

APPLIED SOLUTION FOR DISTRIBUTED PRODUCTION PROCESS CONTROL SYSTEM USING AN ETHERNET COMMUNICATION NETWORK

Lachezar Zhivkov, Vasil Popov, Radoslav Hrishev, Nikola Shakev

Control Systems Department, Faculty of Electronics and Automation
Technical University of Sofia, Plovdiv Branch
Plovdiv, Bulgaria

lachezar.jivkov@abv.bg, vasil_popov@tu-plovdiv.bg, hrishev@tu-plovdiv.bg, shakev@tu-plovdiv.bg

Abstract—This article discusses an applied solution for distributed control of a mechatronic system consisting of an industrial robot, an operator terminal, a PLC, electric drive control with an induction motor and sensors. The implementation is based on technical and system solutions for production automation, developed by Mitsubishi Electric and presented as an "e-Factory" concept.

Keywords — *distributed control, e-Factory, ethernet communication, industrial robot*

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Най-разпространената технология за обмен на информация в световен мащаб в последните години е Ethernet технологията за комуникация в реално време. Ethernet в компютърните мрежи възниква като технология за свързване и мрежов протокол за LAN и MAN през 1980 г. и се утвърждава в стандарта IEEE 802.3 през 1983 г. Оттогава насам се усъвършенства постоянно и постепенно измества конкурентните комуникационни технологии, включително в индустрията. Базиран е на OSI /Open Systems Interconnect/ модела, който включва компонентите на стандартната отворена мрежова архитектура, съставена от седем нива - физическо ниво, канално ниво, трето - мрежово ниво, например IP, четвърто - транспортно ниво - TCP или UDP, пето - сесийно ниво, шесто - представително ниво, и последното седмо ниво е приложно. В основата е заложен TCP/IP или Transmission Control Protocol/Internet Protocol - мрежовият и транспортен протокол на Internet.

Ethernet/IP е индустриално разширение на Ethernet TCP/IP. Развит е и подкрепян от три мрежови организации - ControlNet International (CI),

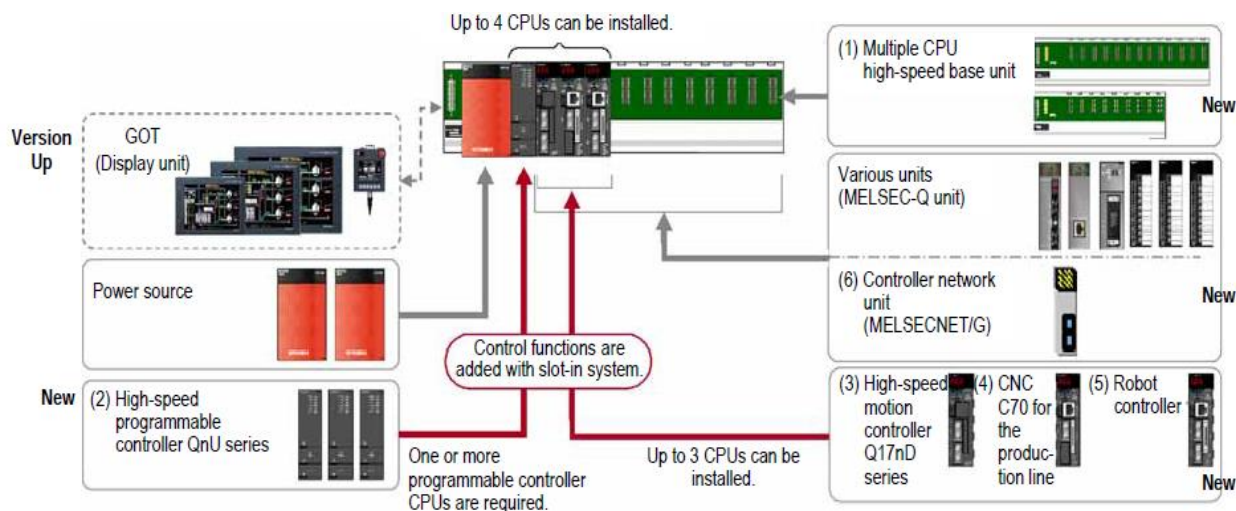
Open DeviceNet Vendors Association (ODVA) и Industrial Ethernet Association (IEA), което води до широкото му разпространение в индустрията. Всички съвременни елементи на системите за управление съдържат модули за Ethernet комуникация или могат да бъдат разширени със стандартни такива.

Това е причината усилията на разработчиците на системи за управление да бъдат все по-често насочени към разработка на системи, осъществяващи комуникация по Ethernet.

II. КОНЦЕПЦИЯ: E-F@STORY И ИНТЕГРИРАНА ПЛАТФОРМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ

Настоящата разработка стъпва на техническите и системни решения за производствена автоматизация, разработени от компанията Mitsubishi Electric и обединени под наименованието „e-F@story“. За реализацията на тази концепция от компанията е разработена „интегрирана платформа“, която позволява създаване на системна инфраструктура и свързаност между управлението на производствените процеси и информационните потоци [1],[2]. Интегрираната платформа е съставена от:

- i) общи технологични решения за управляващите устройства, които позволяват висока степен на свързаност;
- ii) съвместимост на софтуерните среди и интегриране на софтуерните инструменти
- iii) мрежови решения.



Фиг. 1. Устройства, поддържани от интегрираната платформа e-F@ctory на Mitsubishi Electric [1]

Основна характеристика на контролерите, проектирани за интегрираната платформа е предлаганата подобрена производителност на комуникационната шина между процесорите на отделните устройства, самите процесори, както и използваните мрежови решения.

На фиг. 1 са показани видовете функционални контролери, специално разработени за интегрираната платформа.

(1) Високоскоростен основен блок с възможност за поддържане на множество CPU (Multiple CPU high-speed base unit)

(2) Програмируем контролер с висока скорост (High-speed programmable controller)

(3) Контролер на движение с висока скорост (High-speed motion controller)

(4) Контролер с цифрово управление (CNC) за производствена линия (Numerical controller (CNC) for the production line)

(5) Управление на робот (Robot controller)

(6) Мрежово устройство на контролера (Controller network unit)

Решенията, които предлага интегрираната платформа по отношение на управляващите устройства (контролери) се основават на използването на

1) Високоскоростно предаване на данни между множество процесори, основано на използването на споделена памет.

2) Предаване на данни, синхронизирано с

операционния цикъл на участващите в системата контролери за управление на движенията.

Чрез многопроцесорният високоскоростен обмен на данни, синхронизиран с работния цикъл на контролера за движение се постига оптимално предаване на данни между процесорите и цялостно подобряване на производителността на системата за управление (например система, състояща се от програмируем контролер и контролер за движение). Това се отнася и за междупроцесорния обмен на данни при машини с ЦПУ, както и контролери на работи.

От представените на фиг. 1 устройства в проектираната и представена разпределена система за управление са включени следният набор от елементи: Високоскоростен основен блок с възможност за поддържане на множество CPU (Multiple CPU high-speed base unit); Програмируем контролер (CPU); Графичен операторски терминал (GOT); Контролер на движение (Motion controller), Контролер на индустриален робот (Robot controller).

III. ЕЛЕМЕНТИ И СТРУКТУРА НА РАЗПРЕДЕЛЕНАТА СИСТЕМА

A. Елементи и модули на разпределената система

- Програмируем контролер от серията MELSEC iQ-F, с подобрена високоскоростна шина. Множеството вградени модули и функции правят контролерите от тази серия с отлично отношение функционалност/цена. Позволяват както самостоятелна употреба, така и използването при

мрежови системни приложения. Софтуер за програмиране – GX Works;

- Използваният графичен операторски терминал (GOT) е от серията GOT 2000 – GT2107-WTSD (Фиг. 2). Резолуцията на екрана е 800x480, а цветовете са 65 536. Програмирането на графичния терминал се осъществява с помощта на софтуер – GT Designer3



Фиг. 2. Графичен операторски терминал – GT2107-WTSD

Комуникационните възможности на терминала са:

- комуникация по RS-232 и RS-422/485;
- комуникация по Industrial Ethernet;
- комуникация по USB-A и USB Mini-B;

Графичният операторски терминал може да комуникира с контролери на различни производители, когато обаче GOT бъде свързан в комуникационна мрежа с други устройства на Мицубиши – ПЛК, контролери на индустриални роботи и т.н. има възможност да се работи с т.нар. споделена памет [4]. Възможно е GOT да бъде свързан в мрежа и да комуникира едновременно по 4 канала – многоканална комуникация.

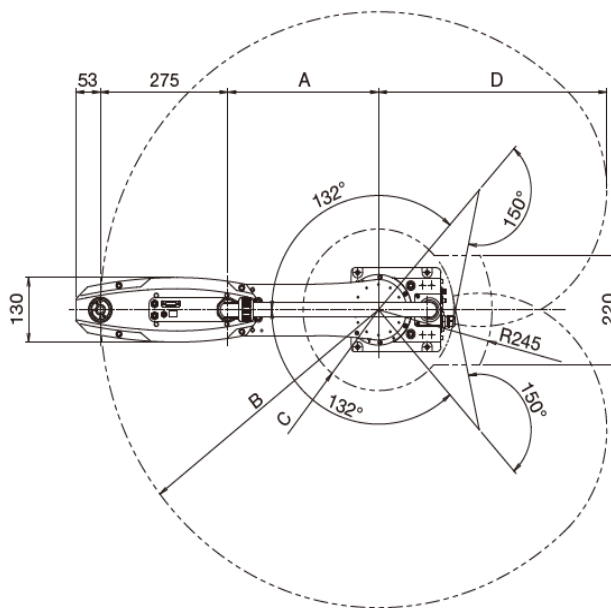
- Индустриален манипулатор на Мицубиши RH-6CH7020-D с контролер - CR751D [3]. Манипулаторът е от хоризонтален тип, познат по-широко като „SCARA“ (Selective Compliance Articulated Robot Arm) манипулатор – Фиг. 3. Софтуер за програмиране RT ToolBox3.

Основно предимство за този тип манипулатори е възможността за бързо изпълнение на движения с висока точност. Това се постига чрез характерната кинематична структура с четири степени на свобода.



Фиг. 3. Манипулатор RH-6CH7020-D

Габаритите и работната зона на манипулатора са показани на Фиг. 4.

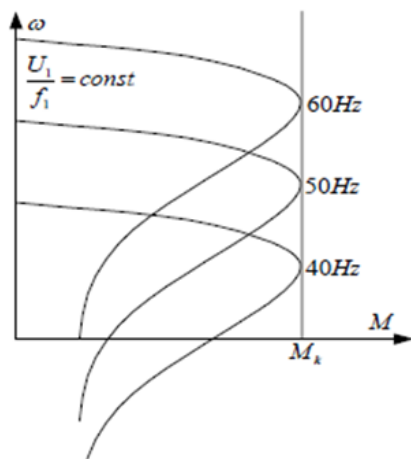


Фиг. 4. Работна зона на манипулатор RH-6CH7020-D

- Честотен инвертор FREQROL - CS80

Честотният инвертор позволява регулиране на скоростта на въртене на асинхронен двигател (АД). Инверторът дава възможност за комуникация по RS-485 с други устройства, а има и допълнителни физически входове и изходи, които могат да бъдат програмирани с предварително зададено предназначение.

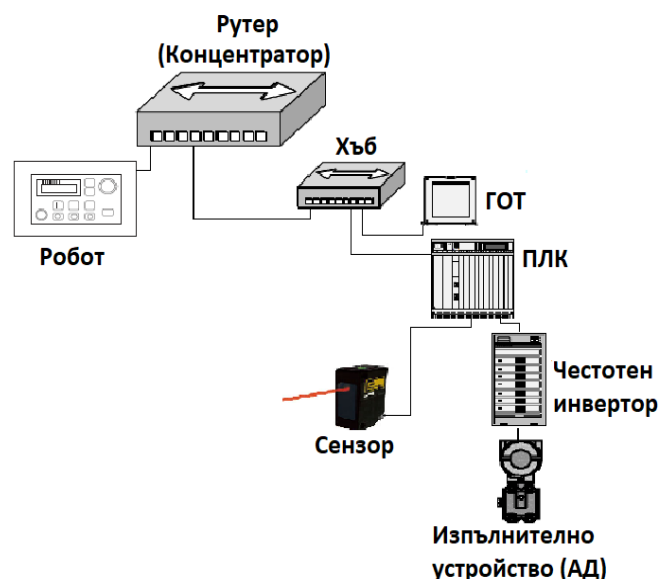
Възможно е да се включи трифазен АД с мощност до 750W. Законът за управление, който се реализира от инвертора е $U/f = \text{const}$ (Напрежение/линейна честота = const) – Фиг. 5.



Фиг. 5. Електромеханични характеристики при закон за управление $U/f = \text{const}$

В. Структура на разпределената система

Етернет комуникацията е реализирана с мрежова топология на свързване тип разширена звезда (фиг. 6).



Фиг. 6. Мрежова топология на системата.

При осъществяване на комуникационна Етернет връзка между индустриалния манипулатор и графичния операторски терминал е използвана възможността да се работи със споделено адресно пространство, което позволява да се обменят голям набор от данни чрез записването им в адреси от споделената паметта на робота.

Избрани са три групи параметри за обмен между графичния операторски терминал и контролера на робота:

- Параметри за положението и движението на робота (текущото местоположение на манипулатора в пространството, заредената скорост на движение на робота)
- Параметри, свързани с периодичната поддръжка на робота (остатъчният заряд в батерията на контролера, оставащо време до следващо смазване или смяна на ремък на дадена става)
- Сигнализации за аларми и предупреждения (име на заредената програма за изпълнение от манипулатора, номер и вид на грешката/алармата в робота и др.).

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеното решение за изграждане на разпределена система за управление е реализирано като лабораторна установка в ТУ-София, филиал Пловдив. Структурата на системата позволява висока гъвкавост, изразяваща се във възможности за нейното разширяване и надграждане. Използването на инструментите на интегрираната платформа „e-F@ctory“ осигурява съвместимост на софтуерните и хардуерни решения, съчетани с удобни за специалистите по проектиране и поддръжка на системата интерфейси.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа е подкрепена от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на ОП „Наука и образование за интелигентен растеж 2014 - 2020“, проект ЦК „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“, № BG05M2OP001-1.002-0023.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] K. Saito and Y. Mita, “FA Integrated Solution: e-F@ctory and the Integrated Platform”, Mitsubishi Electric ADVANCE, vol 119, pp 2-4, 2007.
- [2] T. Ishikawa, “Features of new industrial robot SD and SQ series”, Mitsubishi Electric ADVANCE, vol 123, pp 2-4, 2008.
- [3] Mitsubishi_CR750CR751-Controller-Instruction-Manual-Detailed-Explanations-of-Functions-and-Operations, Mitsubishi Electric Corporation, May 2017.
- [4] Mitsubishi industrial robot – GOT direct connection, Extended function Instruction manual, Mitsubishi Electric Corporation, Dec 2012