
USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS IN AUTOMATED MECHANRONIC SYSTEMS FOR THE PRODUCTION OF CHILDREN'S TOYS FROM SOLID WOOD

Izabela Radkova

University of Forestry, Sofia, Bulgaria, izabelarad@abv.bg

Abstract: The article discusses the state and prospects for automation of production in woodworking using programmable logic controllers. Programmable logic controllers (PLC) are state-of-the-art tools for managing processes and machines in woodworking and furniture production. There are different types of controllers and automated production systems in which they find application. The line for an automated complex for the production of rotary parts is presented. One of the significant differences between discrete and continuous objects is the way in which the quantity of output is measured in both. The output of the discrete objects is measurable with discrete units. For continuous sites, an integral estimation of the quantity of the product is used - volume, mass, flow rate, etc. For discrete control objects, operations are performed after a request has been made, while for continuous objects the technological processes are continuous over time. Examples of discrete control objects include the following industrial devices: machine tools; robotic manipulators; a clustered group of warehouses; vehicles. A mathematical model of the process and programmable logic controllers are used to realize the management of the automated complex. Traditional universal and specialized woodworking machines carry out the industrial production of parts for toys made of solid wood. The automation of such discrete technological processes and operations can be accomplished by designing and implementing automated systems that deliver high performance. A preliminary analysis of the possible effective optimization solutions by automating specific operations at the different stages of the technological process was carried out. The report presents effective solutions for automating the production of solid wood toys. Increasing the degree of automation is achieved through the use of programmable logic controllers in controlling the operation of woodworking machines. The mechatronic systems created include programmable logic controllers and the working bodies of universal or specialized woodworking machines. The use of programmable logic controllers allows to increase the quality of the obtained products, to increase the productivity and efficiency of technological processes in the production of toys made of solid wood.

Keywords: woodworking, wood toys, automated mechatronic systems, programmable logic controllers

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ПРОГРАМИРУЕМИ ЛОГИЧЕСКИ КОНТРОЛЕРИ В АВТОМАТИЗИРАНИ МЕХАТРОННИ СИСТЕМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВО НА ДЕТСКИ ИГРАЧКИ ОТ МАСИВНА ДЪРВЕСИНА

Изабела Радкова

Лесотехнически университет, София, България, izabelarad@abv.bg

Резюме: В статията са разгледани състоянието и перспективите за автоматизация на производството в дървообработването чрез използване на програмируеми логически контролери. Програмируемите логически контролери (PLC) са съвременните средства за управление на процеси и машини в дървообработването и производството на мебели. Съществуват различни видове контролери и автоматизирани производствени системи, в които те намират приложение. Представена е линията за автоматизиран комплекс за производство на ротационни детайли. Една от съществените разлики между дискретните и непрекъснатите обекти е начинът, по който се измерва количеството продукция при едните и при другите. Резултатът от работата на дискретните обекти е измерим с дискретни единици. При непрекъснатите обекти се използва интегрална оценка за количеството на продукта - обем, маса, дебит и др. При дискретните обекти за управление, операциите се извършват след като е постъпила заявка за това, докато при непрекъснатите обекти технологичните процеси протичат непрекъснато във времето. Като примери за дискретни обекти за управление могат да бъдат посочени следните промишлени устройства: обработващи машини; роботизирани манипулатори; складови бази; транспортни средства. За реализиране на управлението на автоматизирания комплекс се използват математически модел на процеса и програмируеми логически контролери. Традиционни универсални и специализирани дървообработващи машини осъществяват промишлено производство на детайли за детски играчки от масивна дървесина. Автоматизирането на такива дискретни технологични процеси и операции може да се осъществи чрез проектиране и внедряване на автоматизирани

комплекси, които осигуряват висока производителност. Извършен е предварителен анализ на възможните ефективни решения за оптимизация чрез автоматизиране на конкретни операции при отделните етапи от технологичния процес. В доклада са представени ефективни решения за автоматизиране на производството на детски играчки от масивна дървесина. Повишаването на степента на автоматизация е постигнато чрез използване на програмируеми логически контролери при управление работата на дървообработващите машини. Създадените мехатронни системи включват програмируеми логически контролери и работните органи на универсални или специализирани дървообработващи машини. Употребата на програмируеми логически контролери позволява да се постигне повишаване на качеството на получените изделия, да се увеличи производителността и ефективността на технологичните процеси при производството на детски играчки от масивна дървесина.

Ключови думи: дървообработване, играчки от дървесина, автоматизирани мехатронни системи, програмируеми логически контролери

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Автоматизирането на промишленото производство се осъществява от комбинирането на специални устройства, работещи в единни системи, наречени най-общо Системи за управление - Control Systems. Първите системи за автоматично управление на работни органи, машини, съоръжения, технологични операции и процеси са механични. С повишаване нивото на механизация и електрификация в началото на 20-ти век за целите на управлението се разработват и използват електромеханични системи, т. нар. релейно-контакторни системи. Тези системи за контрол и управление намират широко приложение в дървообработващата и мебелна индустрия до средата на 20-ти век, а в някои малки и средни предприятия се използват и до сега. Използването на релейни елементи за реализиране на логически функции, наред с развитието на електрониката и появата на електронни компоненти позволява да се осъществят схемни решения, които и до днес са в основата на системите за управление.

Аналогията между логическите съждения, Булевата алгебра и състоянието на контактите на релетата е описана за пръв път от Клод Шенон (Claude Shannon), за което през 1940 година получава Нобелова награда. Логическите уравнения могат да се представят графично като се използват релейно-контакторни диаграми, произтичащи от електрическите схеми. Системите за управление непрекъснато се усъвършенстват, за да могат да отговарят на повишените изисквания за автоматизиране на промишленото производство.

Първите програмируеми логически контролери са разработени от инженери на General Motors през 1968 г., когато компанията търси алтернатива за замяна на комплексните релейни контролни системи. Новите управляващи системи трябва да отговарят на следните изисквания:

- Просто програмиране;
- Смяна на програмите без намеса в системата;
- По-малки, по-евтини и по-сигурни, в сравнение със съответните релейни контролни системи;
- Проста, евтина поддръжка.

По същото време започва и работа по създаването на устройства за логическо управление, използващи електронно-изчислителни машини. Появата и усъвършенстването на микропроцесорните системи е в основата на бързото развитие и възходът на логическите системи за управление, което започва през 70-те години на 20-ти век и продължава и до днес. Въвеждането на микропроцесорната техника в системите за управление се осъществява по два пътя. При първият от тях, те буквално заместват твърдото логическо управление с програмно, запазвайки общата структура и изградените вече принципи за логическо управление. При втория, микропроцесорните системи се допълват с необходимата апаратна част (предимно интерфейсна) и необходимо програмно осигуряване за изграждането на система за управление. През 80-те години на 20-ти век, повлияно от бурното развитие на компютърната техника, започва изграждането на компютърни системи за управление.

Съдържанието на понятието „Програмируеми логически контролери“ е дадено през 1978 г. от NEMA (National Electrical Manufacturers Association). Промислените контролери са програмно управлявани устройства. Това означава, че връзката между входните въздействия (аналогови или цифрови) и изходните реакции на системата (също аналогови и цифрови) се осъществява чрез последователност от инструкции, реализиращи алгоритъма на управление.

В средата на 70-те години основно приложение намират PLC-технологии, основани на използване на bit-slice микропроцесори (напр. AMD 2901/2903). Конвенционалните микропроцесори от това време рядко се използват поради недостатъчните си мощност и бързодействие. Основни производители на PLC стават фирми като Allen Bradley, Siemens, Festo, Fanuc, Honeywell, Philips, Telemecanique, General Electric и др.

През 80-те години започват опити за стандартизиране на комуникациите в областта на PLC. Разработчици от General Motors създават протокола MAP (Manufacturing Automation Protocol). По това време значително се намаляват физическите размери на PLC и се създават средства за програмирането им чрез персонални компютри, вместо специализирани терминали и програматори.

По това време и в България започва внедряването на създадени у нас програмируеми логически контролери (ПЛК). Такива са: “Програма 700” и “Програма 1024” – разработка на основата на “Allen Bradley” на Института по приборостроене; “Прококон 256” – разработка на основата на “Modicon” на ЦНИКА; “Изоматик 1001/1001УК” – уникална разработка на ИТКР – БАН.

През 90-те години се наблюдава значително намаляване на броя на използваните протоколи, както и модернизиране на много от съществуващите. Последният международен стандарт IEC 1131 е въведен с цел унифициране на програмните средства и езици в областта на програмируемите логически контролери PLC.

Стандартът IEC 1131 дефинира терминът „програмируем логически контролер“, както следва, част 1.:

„Дигитални управляващи електронни системи, проектирани за употреба в индустрията, които използват програмируема памет за вътрешно съхранение на потребителски инструкции за изпълнение на специфични функции като логически, последователни, за време, за броене и аритметични, да управляват посредством цифрови или аналогови входни и изходни сигнали, различни типове машини или процеси. И двете, РС-то и неговите периферни устройства са проектирани така, че да могат да бъдат интегрирани в индустриалните системи за управление и използван и във всички техни функции.“

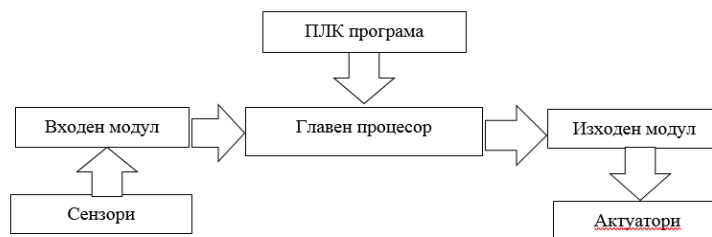
Стандартът IEC 1131, част 3. дефинира и синтаксиса, семантиката и различните приложения на езиците за програмиране в системите за индустриална автоматизация (включително и езиците за програмиране на PLC), независимо от базовата структура на хардуера и вградената операционна система, използвана от производителя. Според Георгиева И. и Гебов В.(2008) програмируемите логически контролери на практика са компютри, създадени, конструирани и програмирани специално за изпълнение на определени задачи за управление на производствени процеси.

2. ТЕОРЕТИЧНИ ОСНОВИ

Съвременните индустриални системи за управление имат много общи характеристики, но те в значителна степен се и различават помежду си. Условно те могат да бъдат разделени на четири главни групи:

- Системи за събиране на данни, наблюдение и управление (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA);
- Разпределени системи за управление (Distributed Control Systems – DCS);
- Управляващи системни конфигурации, изградени с програмируеми логически контролери (Programmable Logic Controllers – PLC);
- Вградени системи (embedded systems).

Програмируемите логически контролери са съвременните средства за управление на процеси и машини в дървообработването и производството на мебели. Работата и показателите на почти всяка производствена линия, машина, операция или процес може да се оптимизира, използвайки този тип система за управление. В промишленото производство на детски играчки от масивна дървесина навлиза създаването и използването на малки индустриални управляващи системи, изградени на базата на програмируемите логически контролери. Това са индустриални компютърни система за управление, които непрекъснато следят състоянието на входните сигнали и въз основа на заложената програма за управление вземат решение за състоянието на изходите. Програмата извършва управлението на контролера, при активирането на входен сигнал от логическо (on/off) или аналогово входно устройство, се изработва съответстващ отговор – активиране на изход от съответстващо изходно устройство (логическо или аналогово), в зависимост от съществуващите логически (програмни) връзки между отделните устройства. На фиг. 1. са показани системните компоненти на програмируем логически контролер и функционалната връзка между тях.



Фиг. 1. Системни компоненти на програмируем логически контролер ПЛК

Съществуват различни видове контролери и автоматизирани производствени системи, в които те намират приложение. В зависимост от използваната технология контролерите могат да бъдат разделени на пневматични, хидравлични, електрически и електронни. В дървообработващата и мебелна промишленост най-често се използва комбинация от различни технологии.

Най-голямото предимство при използването на PLC е способността да се променя и управлява дадена операция или процес и в същото време да се обменя и събира информация. Друго предимство на PLC системата е, че тя е модулна. Може да се комбинират различни типове входно-изходни разширителни модули, които да удовлетворят специфичните изисквания към системата.

Осъществяване на автоматизирането на производството на детски играчки от масивна дървесина се извършва по два метода:

1. При автоматизацията на вече съществуващи машини и съоръжения се автоматизира предимно потокът на детайлите, при което универсалните машини и машините полуавтомати се превръщат в машини автомати. Автоматизиране потока на детайлите представлява съвкупността от манипулации с детайлите, които се извършват автоматично в пространството и времето, за осигуряване на автоматична работа на отделни машини, линии и комплекси за определен период от време без намесата на работника. За повишаване степента на автоматизация е задължително да се осигури автоматизиран работен цикъл на всяка производствена технологична единица. При автоматизирането на потока на детайлите може да се използват системи за управление, включващи програмируеми логически контролери.

2. При планиране на ново автоматизирано производство на детски играчки от масивна дървесина се разчита на проектирането на нови машини и съоръжения, което се постига с въвеждането на иновативни автоматизирани технологии, които включват използването на програмируеми логически контролери.

Търсенето на работещи, ефективни решения за автоматизиране на производството на детски играчки от масивна дървесина е сложна многофакторна инженерна задача. За да бъде ефективно едно решение за автоматизация то трябва да може да удовлетвори следните изисквания:

- Да позволява увеличение на производителността на машините и съоръженията;
- Да позволява подобряване на качеството на произвежданата продукция и намаляване на брака;
- Да бъде икономически изгодно и оправдано;
- Да осигурява социален ефект, т.е. да се намалява вредния, тежък, монотонен ръчен труд, да се намаляват трудовите злополуки и опасността от професионални заболявания;
- Да има възможност да се пренастройва автоматизиращата техника за изпълнението на други производствени задания;
- Да работи автоматизиращата техника продължително време без намесата на човека;
- Да позволява включването на конкретното решение в по-сложни автоматични системи.

PLC са микропроцесорни устройства, които директно контролират промишлените съоръжения и процеси. Те често са и основни компоненти в по-малките системи за оперативно управление на дискретни системи, като например в поточните линии. PLC намират широко приложение в автоматизацията на всички промишлени процеси, както в непрекъснатите производства, така и в дискретните производства. И двата вида производства използват едни и същи системи за управление, сензори и мрежи. Според Чакърски Д., (2016). автоматизирането на дискретните процеси е значително по-сложно, изисква повече време, енергия и ресурси. Дървообработването, производството на мебели и производството на детски играчки от масивна дървесина се осъществяват чрез различни видове процеси - непрекъснати и дискретни, като преобладават дискретните.

Според Петров П.(2014) при дискретните обекти за управление, операциите се извършват след като е постъпила заявка за това, докато при непрекъснатите обекти технологичните процеси протичат непрекъснато във времето. Като примери за дискретни обекти за управление могат да бъдат посочени следните промишлени устройства: обработващи машини; роботизирани манипулатори; автоматизиращи устройства, складови бази; транспортни средства и др.

Една от съществените разлики между дискретните и непрекъснатите обекти е начинът, по който се измерва количеството продукция при едните и при другите. Резултатът от работата на дискретните обекти е измерим с дискретни единици. При непрекъснатите обекти се използва интегрална оценка за количеството на продукта - обем, маса, дебит и др.

3. ПЕРСПЕКТИВИ

В сегашните условия на европейския пазар българските производители на детски играчки от дървесина и мебели се изправят пред много трудности, като: висока конкуренция по отношение на качество и

себестойност, високи изисквания за безопасност към вложените суровини и материали, сравнително малки партии и серии продукти – готови изделия, голям брой и многообразие на формите на съставните им части, преобладаващи детайли с малки размери, високи изисквания за точност и грапавост на повърхнините и др. Успешното развитие на тези производители е свързано с умението им да бъдат по-иновативни и гъвкави, да могат да елиминират използването на ръчен труд, да повишат производителността, ефективността и качеството на готовите изделия. Според Atanasov V., Z. Gochev, G. Vukov, P. Vichev & G. Kovachev (2018) това е възможно да се постигне чрез осъществяване на висока степен на автоматизация на производството на детски играчки и мебели от масивна дървесина. Според Чакърски Д., (2018) тенденциите в развитието на автоматизиращата техника и автоматичните системи за производство на детски играчки от масивна дървесина са:

- Разширяване използването на компютърните технологии в цялостния цикъл (проучване – проектиране – изработване – внедряване – производство – опаковане – пласмент);
- Оптимизиране на конструкциите на автоматичните системи чрез използване на CAD/CAM/CAE системи за 3D проектиране, подготовка за производството и самото производство;
- Усъвършенстване на задвижванията и управленията на автоматичните системи чрез използване на паралелна кинематика, линейни задвижвания и др.;
- Създаване на нови конструкции автоматични многофункционални машини, промишлени роботи, автоматизирани мехатронни системи и др.;
- Създаване на гама нови високопроизводителни дървообработващи инструменти;
- Увеличаване производителността на автоматизиращата техника;
- Развитие на иновативни автоматизирани технологии за дървообработващите процеси;
- Разработване и внедряване на комплексни ефективни решения за автоматизация на производството на детски играчки от дървесина.

Успешното реализиране на тези тенденции и перспективи до голяма степен е свързано с използването на програмируеми логически контролери и внедряването им в различни индустриални системи за управление.

4. ПРИМЕРИ

Универсални и специализирани дървообработващи машини и съоръжения осъществяват промишленото производство на детайли за детски играчки от масивна дървесина. Според Gochev Z., G. Vukov, V. Atanasov & P. Vichev. (2018) технологичните процеси, при които се обработва масивната дървесината от обли трупи до готови изделия са: разбичване, разкрояване, топлинна обработка, сушене, рязане, окрайчване, фрезование, пробиване на отвори, изработване на специални форми, шлифование, нанасяне на покрития, сглобяване, опаковане и складиране. Автоматизирането на тези технологични процеси и операции се осъществява чрез проектиране и внедряване на автоматизирани мехатронни комплекси, които осигуряват висока производителност. Повишаването на степента на автоматизация е постигнато чрез използване на програмируеми логически контролери при управление работата на дървообработващите машини и съоръжения. Тези програмируеми управляващи устройства са достъпни за програмиране от специалисти с обща инженерна подготовка и са предназначени за управление на дискретни и непрекъснати процеси в промишлена среда и реално време. Според Чакърски Д., Малаков И. и к-в. (2015) при производството на уникални и/или дребносерийни изделия най-подходящи са мехатронните комплекси, които включват програмируеми логически контролери. Основни техни характеристики са стандартния апаратен ресурс, възможността за гъвкаво потребителско програмиране и препрограмиране. При дискретните технологични процеси: разбичване, разкрояване, рязане, окрайчване, фрезование, пробиване на отвори, изработване на специални форми, шлифование, сглобяване, опаковане и складиране са създадени мехатронни системи, които включват програмируеми логически контролери, управляващи работните органи на универсалните или специализираните дървообработващи машини и автоматизиращи устройства, които осигуряват автоматизиран поток на детайлите. На фиг. 2. е представена символната схема на манипулациите и операциите за обработка на ротационен детайл от масивна букова дървесина, извършени от мехатронен комплекс, с включен програмируем логически контролер SIMATIC S7 – 1200.



Фиг. 2. Символна схема на манипулациите при производството на ротационен детайл „шапка“: магазин; отделяне; подаване; позициониране (затягане); обработване (на бусула); подаване (на детайла); позициониране; обработване (струговане), обработване (отрязване); изнасяне, съгласно Dimitrova R. & G. Hadzhikosev (2013).

При непрекъснатите технологични процеси реализирането на управлението на автоматизираните мехатронни комплекси чрез програмируеми логически контролери се базира на предварително създадени математически модели на технологичните процеси. Такива процеси при производството на детски играчки са: топлинната обработка, сушенето и нанасянето на повърхностни покрития. В програмното осигуряване на ПКЛ е заложен математичния модел на съответния технологичен процес.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Употребата на програмируеми логически контролери позволява да се постигне повишаване на качеството на получените изделия, да се увеличи производителността и ефективността на технологичните процеси при производството на детски играчки от масивна дървесина.

Според Georgieva I., Hristov G. & Tsvetanov F.,(2016) когато става въпрос за цифровизиране на производствените процеси и преминаване към Industry 4.0. е необходимо експерти с интердисциплинарни знания и опит да обединят усилията си. Инженери по автоматизация, електротехника, измервателна и контролна техника и инженер-технолози могат да осъществят успешно автоматизирането на съоръженията за обработка на масивна дървесина при производството на детски играчки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Този документ е осъществен с подкрепата на Договор № BG05M2OP001-2.009-0034-C01 „Подкрепа за развитието на научния капацитет в Лесотехнически университет“, финансиран от Оперативна програма „Наука и образование за интелигентен растеж“ (2014-2020), съфинансирана от Европейския съюз чрез Европейските структурни и инвестиционни фондове.

ЛИТЕРАТУРА

- Георгиева И., Гебов В.,(2008). *Интегрирани системи с програмируеми логически контролери*. Учебник ИЗУ. ISBN: 9789546805867.
- Петров П.,(2014) *Управление на движенията в мехатронни системи*. Учебник ТУ – София, ISBN: 978-954-392-229-1
- Чакърски Д., (2018). *Състояние и тенденции на развитие на автоматизацията и роботиката*. Научни известия на НТС по машиностроене, ISSN-1310-3946, год. XXVI, бр.3/224, стр. (4-11).
- Чакърски Д., (2016). *Постигания и перспективи за развитие на мехатрониката и автоматизацията на дискретните производствени процеси*. Научни известия на НТС по машиностроене, ISSN-1310-3946, год. XXIV, бр.14/200, стр. (5-14)
- Чакърски Д., Малаков И. и к-в. (2015) *Комплексна автоматизация на дискретното производство. Глава I Методи за проектиране и инженерни изследвания на автоматизирани мехатронни системи в дискретното производство*. Издателство на ТУ-София, ISBN: 978-619-167-153-3, стр. (5-24).
- Atanasov V., Z. Gochev, G. Vukov, P. Vichev & G. Kovachev (2018). *Influence of some factors on the cutting force in milling of solid wood Scientific journal*, „Chip and Chipless Woodworking Processes“, Technical University- Zvolen, Slovakia, ISSN 2453-904X (print), ISSN 1339-8350 (online), pp. 9÷15
- Chakarski D., P. Tomov, R. Dimitrova & T. Vakarelska (2015). *Application of modern didactic media teaching of mechatronics*. 12th International Conference - Standardization, Prototypes and Quality: A Means of Balkan Countries' Collaboration, Kocaeli Univ, Izmit, TURKEY, ISBN:978-605-83983-0-6, p. (471-473).
- Dimitrova R. & G. Hadzhikosev (2013). *Guidance on laboratory exercises on Automation of discrete production*, Publishing the Technical University - Sofia.
- Georgieva I., Hristov G. & Tsvetanov F.,(2016). *Cloudy Technologies in Industry*. Knowledge – International Journal, Vol 15.2, ISSN 1857-92, p.p. 891-897
- Gochev Z., G. Vukov, V. Atanasov & P. Vichev. (2018). *Study on the power energetic indicators of universal milling machine*. Science journal „Innovations in Woodworking Industry and Engineering Design“, vol. VII, № 1, Sofia, ISSN 1314-6149, pp. 18÷24