



СЪСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО НА АВТОМАТИЗАЦИЯТА И АВТОМАТИЗИРАНИТЕ МЕХАТРОННИ СИСТЕМИ

Димчо Чакърски

Резюме: В настоящата статия са разгледани някои аспекти, свързани със състоянието на автоматизацията и тенденциите в развитието на автоматизацията на дискретните производствени процеси и автоматизираните мехатронни системи.

Ключови думи: аспекти, тенденции, автоматизация, мехатроника, автоматизирани мехатронни системи.

1. Въведение

Основната цел на автоматизацията на дискретното производство е да произвежда повече, по-качествено и с по-малко човешки ресурси, като повиши ефективността на производството и жизнения стандарт на хората.

Дискретни производствени процеси са процесите с прекъсваем характер. Тези процеси в Р България понастоящем са около 90 %, а в световен мащаб са от 80 до 85 %. Дискретни са всички процеси в: машиностроенето, електронната и електротехническата промишленост, фармацевтиката, хранително-вкусовата промишленост, дървообработващата промишленост, производството на строително-керамични изделия и др.

Дискретните производствени процеси се автоматизират по-трудно, защото съществуват множество обекти за автоматизация. Независимо от това има възможност да се използват едни и същи методи и средства при автоматизацията на разнообразните дискретни производствени процеси. В тази насока се работи активно от академичния състав на катедра „Автоматизация на дискретното производство” от нейното създаване до сега.

2. Състояние на автоматизацията на дискретните производствени процеси

Автоматизацията е била и ще бъде винаги мощно средство за постигане на високи технико-икономически показатели на производството, за получаване на достатъчно количество произвеждани изделия, за постигането на ръст на производствата, за подобряване жизненото равнище на нацията, за конкурентност на изделията, за подобряване на околната среда чрез използването на безотпадни технологии, безопасни условия на труд и др.

Факторите, от които зависи автоматизацията на дискретните производствени процеси са [1]:



- Технически характеристики на детайлите (форма, размери, маса, материал, физикомеханични свойства и др.);
- Производствена програма;
- Честота на пренастройване;
- Вид на технологичния процес;
- Вид на изпълняваната операция;
- Продължителност на машинното време;
- Вид на работната зона на машината;
- Санитарно-хигиенни изисквания;
- Изисквания за техника на безопасност и противопожарна охрана и др.

Катедра “Автоматизация на дискретното производство” в своето 42 годишно развитие има редица успехи както в образованието, така и в науката и практиката. Катедрата е разработила над 140 научно-изследователски проекта, повечето от които са внедрени в производството. Редица проекти са разработени съвместно с фирмите и предприятията. Това се оказва особено полезна форма на сътрудничество на науката и производството. Такива проекти бяха разработени и по линия на Националния иновационен фонд, Националния научен фонд и др.

Степента на автоматизация показва каква част от процеса е автоматизирана, т.е. извършва се без участието на човека. В литературата се разграничават три основни степени на автоматизация, като не са показани начини за количественото им определяне [1].

Най-прецизно може да се определи степента на автоматизация A чрез времето за автоматична работа T_a и времето за ръчна работа $T_{ръч}$.

Степента на автоматизация може да се дефинира чрез коефициента на автоматизация K_a , умножен по 100, в проценти, т.е.

$$A = K_a \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

Коефициентът на автоматизация K_a се определя като съотношение на математическото очакване на времето за автоматична работа към сумата от математическите очаквания на сумата от времето за автоматична работа и времето за ръчна работа:

$$K_a = \frac{T_a}{T_0} = \frac{T_a}{T_a + T_p} \quad (2)$$

$$T_a = \sum_{i=1}^n t_{ai} \quad (3)$$

$$T_p = \sum_{i=1}^n t_{pi} \quad (4)$$

където:

T_0 - общото време за работа на автоматизиращата техника за изследвания период;

n - броят на структурните единици;

t_{ai} - времето за автоматична работа на i -та структурна единица;



t_{pi} - времето за ръчна работа на i -та структурна единица.

Степента на автоматизация A е един представителен показател, който може да служи за сравнение както при проектиране на автоматизираща техника, така и при оценяване развитието на икономиката у нас и в световен мащаб.

Могат да се разграничат следните случаи с различни степени на автоматизация на:

- отделна технологична единица или работна машина;
- отделен роботизиран технологичен модул или гъвкава производствена клетка;
- автоматична линия или гъвкав автоматизиран комплекс;
- автоматизиран участък или автоматизиран цех;
- определени технологични операции;
- определен технологичен процес;
- цялостно предприятие или фирма;
- отрасъл от промишлеността;
- индустрията на дадена държава като цяло;
- световното производство.

Когато се прави преглед на състоянието на автоматизацията обикновено се разглеждат видовете технологични операции и процеси у нас и в световен мащаб.

Дадени са степените на автоматизация по процеси у нас и в световен мащаб през 1988 год. и през 2011 година.

От направените изследвания може да се направи следният **анализ за степента на автоматизация** по процеси и години:

- Наблюдава се спад на степента автоматизация за процесите в машиностроенето у нас, например за механообработващите процеси от 18 % през 1988 г. на 15 % през 2011г.;

- В ХВП и при производството на строително-керамични изделия у нас се забелязва ръст за посочения период със 7 % до 8 % ;

- Във фармацевтичната промишленост у нас ръстът на степента на автоматизация е около 10 % ;

- В световен мащаб в индустриално развитите страни се наблюдава повишаване на степента на автоматизация, която понастоящем е както следва: Германия – 38 %; САЩ – 42 %; Япония – 51 % и др.

- Степента на автоматизация на дискретните производствени процеси общо за индустрията у нас е около 18 %.

От направения анализ се вижда, че степента на автоматизация на дискретните процеси у нас значително изостава в сравнение с тази в индустриално-развитите страни, с изключение на процесите в ХВП, фармацевтичната промишленост и производството на строителни и керамични изделия.



3. Подходи за автоматизация

Съществуват два основни подхода при автоматизирането на дискретните производствени процеси [3]:

- Автоматизация на съществуващи машини и съоръжения, въз основа на съществуващи технологии;
- Проектиране на нови автоматизирани съоръжения, на основата на въвеждането на нови технологии.

При автоматизацията на съществуващи машини и съоръжения се автоматизира предимно потокът на детайлите, като универсалните машини и машините полуавтомати се превръщат в машини автомати. Задължително условие е да се осигури автоматизиран работен цикъл на производствените единици. В тези случаи ръстът на производителността λ обикновено е в границите от 1,1 до 2 [1]:

$$\lambda = \frac{Q_a}{Q_o} \quad (5)$$

където:

Q_a е производителността при въвеждане на автоматизацията;

Q_o – производителността на съоръженията при съществуващото положение.

При проектирането на нови машини и съоръжения ръстът на производителността λ обикновено е в границите от 2 до 5, но може да има и значително по-големи стойности, напр. до 50. Това е възможно при въвеждането на нови иновативни автоматизирани технологии.

Ефектът от автоматизацията на дискретното производство е икономически и социален.

Икономическият ефект се получава в резултат на намалението на човешките ресурси при производството на определени изделия, на повишението на производителността и повишаване на качеството на изделията. Икономическият ефект може да се определи и в резултат на намалението на себестойността на произвежданата продукция.

Социалният ефект се изразява в намаляването на тежкия, монотонен и физически труд, често свързан с нездравословни условия на труд – замърсена среда, голям шум, ударни натоварвания, висока температура, радиоактивна среда и др.

Понятието “**автоматизираща техника**” е обобщено. Тук могат да се причислят разнообразните автоматизиращи устройства, автоматичните производствени машини (машините полуавтомати и автомати), роботизираните технологични модули (РТМ), гъвкавите производствени клетки, автоматичните технологични линии (АТЛ) и автоматизираните комплекси.

Автоматизираща техника е техниката, която осигурява автоматизиран производствен процес при производството на определен продукт.

През последните години се развива бурно мехатрониката в различните отрасли. Автоматизацията и мехатрониката са взаимно свързани.



Все по-често се говори за **автоматизирани мехатронни системи**. При тях се съчетават технологиите, конструкциите, мениджмънта, проектирането, задвижването, управлението и използването на компютърните технологии на всички фази от процеса „проектиране-изработване-внедряване-производство-експлоатация-пласмент”.

4. Вариантност на решенията и избор на оптимален вариант на решение за автоматизация

При проектиране на автоматизираща техника се генерират технически идеи във вид на варианти, като се използват вариационни признаци. Тези признаци биват основни и допълнителни [1, 4]. **Основни** са следните признаци: технологичния процес и технологичен маршрут; начин на автоматично хранене; клас на автоматизираните структурни компоненти; взаимно разположение на структурните единици и др. **Допълнителни** признаци могат да бъдат: модел и тип на структурните единици; начин на управление и др.

Броят на вариантите е m . Те се означават като: $V_1, V_2, V_3, \dots, V_m$.

Тези варианти се оценяват по n критерия, като отделните критерии са $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$.

Стремежът е да се извърши **многокритериална оптимизация** при търсенето на оптималното решение за автоматизация.

Оптимизацията дава систематичен подход за избор на най-добро проектно решение от всички възможни варианти, при конкретните условия на реализация на проекта. Най-доброто решение се нарича оптимално за конкретните условия. Посредством оптимизацията има възможност за усъвършенстване, т.е. за подобряване на проектите решения. По такъв начин оптимизацията е не само процес на намиране на най-съвършеното решение, а и процедура за движение напред към подобряване на решението.

След формирането на вариантите се прави количествен или качествен анализ на всеки от тях, като се отчитат съответните критерии за оптималност при избора на решение.

Качественият анализ отчита предимствата и недостатъците на отделните варианти, но е възможен субективизъм от страна на анализиращия.

При **количествения анализ** се използват два основни метода – метод на баловите оценки и метод на безразмерните коефициенти [2].

Методът на баловите оценки може да се използва, но при неговото прилагане има известна доза субективизъм, защото експертите дават определена оценка в зависимост от техните представи.

В таблица се нанасят експертните балови оценки X_{ij} [$i = 1 \div m, j = 1 \div n$] на отделните варианти V_i ($i = 1 \div m$), като се отчита и коефициентът на тежест K_{Tj} ($j = 1 \div n$), за отделните критерии за оптималност K_j ($j = 1 \div n$).

$$X_{ij} = 1 \div 10 ; \sum_{j=1}^n K_{Tj} = 1 \quad (6)$$



За всеки отделен вариант се изчисляват сумарните балови оценки S_i ($i=1 \div m$) по следната зависимост:

$$S_i = \sum_{j=1}^n (X_{ij} \cdot K_{Tj}), \quad i = 1 \div m \quad (7)$$

Оптимален е вариантът, за който е получена максимална сумарна балова оценка, т.е.

$$S_k = \max \{ S_i, i = 1 \div m \} \quad (8)$$

Оценката S_k е максимална, което означава, че вариантът V_k е оптималният при едновременно прилагане на всички критерии за оптималност.

При избор на оптимално решение за автоматизация предпочитание се дава на метода на относителните (безразмерните) коефициенти, като се изчислява обобщен коефициент K_{oi} за всеки от разглежданите варианти i ($i = 1 \div m$; m – брой на вариантите):

$$K_{oi} = \prod_{j=1}^n (K_{ij}) \quad , i = 1 \div m \quad (9)$$

където n е броят на безразмерните коефициенти.

Оптимален е вариантът, който има максимален обобщен коефициент K_{oi} , т.е.

$$\max \{ K_{oi}, i = 1 \div m \} \quad (10)$$

Като критерии (безразмерни коефициенти) могат да се използват следните основни показатели на РТМ и системи: λ - ръст на производителността; K_r - коефициент на готовност; K_A - коефициент на автоматизация; K_G - коефициент на гъвкавост; K_D - коефициент на диференциация на операциите; K_K - коефициент на концентрация на операциите; n – срок на изплащане на инвестициите за проекта.

5. Техничко-икономическа ефективност на решенията за автоматизация

Показателите за технико-икономическа ефективност са от основните показатели при избор на решение за автоматизация и винаги се отчитат [3].

Определяне на допълнителните капитални вложения ΔK за реализиране на РТМ и системи:

$$\Delta K = \sum_{i=1}^m \Delta K_i \quad (11)$$

където:

ΔK_i са допълнителните капитални вложения за $i^{\text{та}}$ структурна единица;

m – броят на структурните единици;

i – номерът на структурната единица.

Икономическата ефективност от автоматизацията на производството зависи от показателите при ръчното производство и от потенциалните възможности на автоматизиращата техника, изразяващи се в цена, производителност, надеждност и др.



Косвеният ефект се получава от увеличената производителност ($I_{Г2}$) и от намалението на брака ($I_{Г3}$). Обикновено $I_{Г2}$ и $I_{Г3}$ са във функция на прекия годишен икономически ефект $I_{Г1}$:

$$I_{Г2} = (K_1 - 1) \cdot I_{Г1} \quad (12)$$

$$I_{Г3} = K_2 \cdot I_{Г1} \quad (13)$$

където:

K_1 е ръста на производителността при автоматизацията;

K_2 – намаляването на брака.

Общият годишен икономически ефект представлява сумата от $I_{Г1}$, $I_{Г2}$ и $I_{Г3}$, т.е.

$$I_{Г2} = I_{Г1} + I_{Г2} + I_{Г3} \quad (14)$$

$$I_{Г} = I_{Г1} (K_1 + K_2) \quad (15)$$

6. Тенденции в развитието на автоматизацията и автоматизираните мехатронни системи в дискретното производство

Могат да се различат следните по-характерни особености в развитието на мехатрониката и автоматизиращата техника през следващите 5 години:

➤ Разширяване използването на компютърните технологии в цялостния цикъл “проучване – проектиране – изработване – внедряване – производство – опаковане - пласмент”.

➤ Оптимизиране на конструкциите на автоматизираща техника и мехатронните системи чрез използване на интегрирани съвременни CAD/CAM/CAE системи за 3D проектиране, подготовка на производството и в самото производство;

➤ Подобряване на дизайна на автоматизираните и мехатронни системи (АМС) и качеството на документирането чрез използване на съвременна компютърна техника;

➤ Усъвършенстване на задвижванията и управленията на АМС чрез използване на паралелна кинематика, линейни задвижвания и др.;

➤ Създаване на нови конструкции автоматични производствени машини, промишлени работи, автоматизирани мехатронни системи и др.;

➤ Създаване на гама нови високопроизводителни инструменти;

➤ Развитие на иновативни автоматизирани технологии;

➤ По-нататъшно увеличаване производителността на автоматизиращата техника;

➤ Разширение на областите на приложение на автоматизиращата и мехатронна техника, в т. ч. медицина, услуги, бита и др.;

➤ Организиране на индустрия за производство на автоматизираща и мехатронна техника с разнообразно предназначение;

➤ Разработване и внедряване на комплексни ефективни решения за автоматизация;

➤ Разработване и внедряване на интелигентни производствени системи;



- Продължаване на интеграцията с фирмите, работещи по автоматизация и мехатроника;
- Активно участие в клъстъра „Мехатроника и автоматизация”.

7. Изводи

- Определени са предпоставките за ефективно решение за автоматизация;
- Изяснени са основните фактори, оказващи влияние върху решенията за автоматизация;
- Предложени са методи за оценка на решенията и избор на оптимален вариант на решение за автоматизация;
- Формулирани са тенденции за развитието на автоматизацията и автоматизираните мехатронни системи..

Литература:

1. Чакърски Д., Г. Хаджикосев. Автоматизация на дискретното производство. Издателство на ТУ-София, 2008.
2. Чакърски Д. и к-в. Промислени работи, роботизирани технологични модули и системи. Издателство на ТУ-София, 2008.
3. Чакърски Д. Т. Вакарелска, Р. Димитрова. Технически и икономически параметри на иновационни проекти по автоматизация на дискретното производство. Сп. Устойчиво развитие, бр. 1, Варна, 2011.
4. Hesse. 99 Beispiele für Pneumatik Anwendungen. Festo, 2000.

TENDENCIES IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATION AND AUTOMATED MECHATRONIC SYSTEMS

Dimcho Chakarski

***Abstract:** The present paper deals with some aspects related to the current state of automation as well as with the tendencies emerging in the fields of discrete manufacturing processes automation and automated mechatronics systems.*

Данни за автора:

Димчо Стоилков Чакърски – проф. д-р инж., преподавател в катедра „Автоматизация на дискретното производство” при МФ на ТУ – София, e-mail: dimost@tu-sofia.bg