

ПОДХОД ЗА ИЗБОР НА КОМПОНЕНТИ ЗА АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ЗАХРАНВАЩИ СИСТЕМИ И МАШИНИ

ПЕНКО МИТЕВ

Технически Университет София, филиал Пловдив
penkomitev@tu-plovdiv.bg

Център за компетентност „Интелигентни, мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“

Резюме: Докладът представя систематичен подход за избор на компоненти при проектиране на захранващи системи за ориентиране и подаване на детайли. Разгледани са основните фактори, влияещи върху работоспособността и надеждността на съоръженията. Предложен е математически модел под формата на функция за интегрална оценка, позволяващ обективно сравнение между алтернативни компоненти чрез теглово обединяване на критериите. Методиката е апробирана чрез избор между три индустриални сензора, използвани за управление на запълването на линейни вибрационни транспортъори. Резултатите показват, че предложената методика подпомага надеждния и обоснован подбор на елементи за автоматизирани системи, с което се намалява рискът от откази и се повишава производителността на оборудването.

Ключови думи: автоматизация, захранващи системи, подбор на компоненти, вибрационни транспортъори, сензори, интегрална оценка, многокритериален избор

APPROACH FOR SELECTING AUTOMATION COMPONENTS IN THE DESIGN OF FEEDING SYSTEMS AND MACHINES

PENKO MITEV

Technical University of Sofia, branch Plovdiv
penkomitev@gmail.com

Center of competence "Smart mechatronic, eco- and energy-saving systems and technologies"

Abstract: The paper presents a systematic approach for selecting components in the design of feeding systems for part orientation and delivery. The main factors influencing the performance and reliability of such equipment are examined. A mathematical model in the form of an integral evaluation function is proposed, enabling objective comparison of alternative components through weighted aggregation of criteria. The methodology is validated through the selection of three industrial sensors used for controlling the filling level of linear vibratory conveyors. The results show that the proposed approach supports reliable and well-grounded selection of components for automated systems, thereby reducing the risk of failures and increasing the productivity of the equipment.

Key words: automation, feeding systems, component selection, vibratory conveyors, sensors, integral evaluation, multi-criteria decision making

1. Въведение

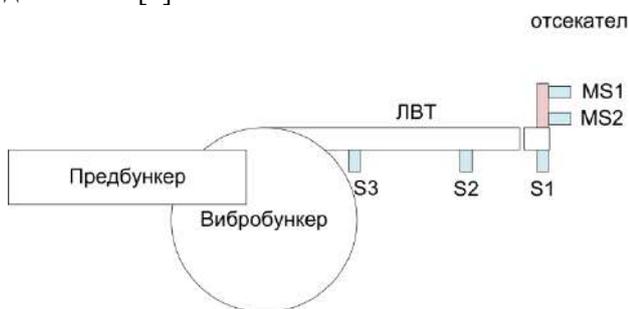
Докладът е посветен на процеса на избор на подходящи компоненти за автоматизация при конструиране, проектиране и внедряване на захранващи системи за детайли и машини. Подборът е базиран на различни параметри, като технически параметри, цена, срок на

доставка, гаранция и др. Общата надеждност на едно съоръжение зависи от качеството на вложените в него материали, на надеждността на конструктивните решения и на натовареността (броя смени, на които работи).

2. Анализ на проблема

В Индустрия 4.0 основният акцент при проектирането на машиностроителна техника пада върху производителност, гъвкавост, пренастройваемост и възможност за отдалечен мониторинг и контрол.

Системите за захранване и ориентиране са разнообразни. Тяхната роля е да ориентират детайла до точно определено, желано състояние и да го подадат към друга система, като най-често това е монтажна или технологична машина. Дори в условията на Индустрия 4.0 и интелигентните фабрики с работещи на три смени работи, потребността от автоматизация на потока на детайлите не е изчезнала. За тяхната надеждна работа е важно качеството на детайлите [1].



Фиг. 1 Концептуална схема на класическа захранваща система

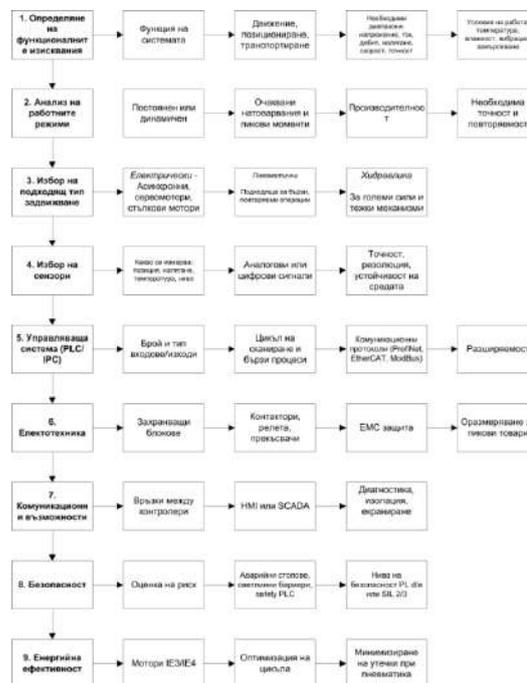
На фиг. 1 е показана концептуалната схема на една класическа захранваща система от предбункер, вибробункер, линеен вибрационен транспортър (ЛВТ) и отсекател.

Вибробункерът е основно устройство за ориентиране, което осигурява детайли в необходимата ориентация на изхода на пътя. С оглед неравномерната му производителност се налага употребата на ЛВТ, което изпълнява функцията на съдържател за готови, ориентирани детайли. Отсекателят отделя по един детайл при поискване от по-висшата система. Предбункерът има за цел да зарежда автоматично вибробункера с оптимално количество детайли, достатъчни за надеждната му работа. При така описаната система, основните компоненти, които имат значение са показани в Таблица 1, като са поставени оценки от 2 до 6 за относителната значимост на компонента спрямо цялостната система.

Таблица 1. Основни компоненти на захранващите системи

Компонент	Значимост
Вибробункер	6
ЛВТ	5
Предбункер	3 (опционален)
Сензори	5
Отсекател	5

При проектирането на машини, изборът е далеч по-сложен и трябва да се отдели повече ресурс за решаване на проблеми от темите, показани на фиг. 2.



Фиг. 2 Етапи при подбор на компоненти при по-сложни проекти

Основна и най-важна задача е определяне на функционалността – какви дейности трябва да извършва съоръжението, а след това да се подберат правилните компоненти, които да обезпечат безотказна работа. Върху надеждността влияят различни фактори, но основно на колко работни смени ще работи съоръжението. Всеки компонент е проектиран за определен живот, гарантиран от производителя. Едно съоръжение с гаранция от 1 година при 8-часов работен ден (една смяна) работи шест пъти по-малко от съоръжение с 2 години гаранция при 24-часов работен ден (три смени). Коефициентът на натоварване на компонентите е значително по-голям, което трябва да се отчете при избора им. Затова и тези фактори се уточняват на етап функции и производителност, за да участват ефективно при вземането на решения.

3. Подбор на компоненти като последователност от оценки

Оценката на даден компонент минава през следните етапи:

1. **Функционална пригодност** – дали компонентът изпълнява необходимата функция, дали покрива изискваните режими на работа, дали е подходящ за конкретната технология.

2. **Технически характеристики** – за сензори: диапазон на измерване, точност, чувствителност, време на реакция, тип изход; за цилиндри: сила, ход, скорост, тип на действие; за разпределители: дебит, тип управление, време на превключване; за PLC: брой I/O, комуникации, цикъл на изпълнение.

3. **Надеждност и ресурс** – експлоатационен живот, MTBF, устойчивост на износване, работа при тежки условия.

4. **Условия на работа** – температура, влажност, наличие на прах, масла или химикали, вибрации, степен на защита.

5. **Съвместимост и интеграция** – електрически интерфейс, механични размери и монтаж, съвместимост с използваните марки, поддържани комуникационни протоколи.

6. **Лесна поддръжка и сервиз** – наличност на резервни части, бърза подмяна, качество на документация, наличие на местна поддръжка.

7. **Безопасност** – съответствие със стандарти за безопасност, характеристики тип fail-safe, необходимите сертификации.

8. **Енергийна ефективност и разход** – консумация на въздух или електричество, енергийни загуби, утечки, обща ефективност.

9. **Цена** – начална цена, разходи за монтаж, разходи за поддръжка, цена от престой при повреда.

10. **Наличие и срок на доставка** – складови количества, срок за доставка, риск от спиране на модела.

Оценката по множество фактори може да се извърши чрез вектор на критериите, дефиниран в обща форма в уравнение (1) [2,3].

$$F_i = \{f_{1,i}, f_{2,i}, \dots, f_{n,i}\} \quad (1)$$

Всяка стойност на $f_{k,i}$ е оценка на компонент i , по критерий k .

На всеки критерий се задават теглови коефициенти по зависимост (2).

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}, \sum_{k=1}^n w_k = 1 \quad (2)$$

Крайната оценка на компонент S_i се изчислява чрез функция за интегрална оценка, която представлява линейна комбинация от тегловите коефициенти w_k и критериите $f_{k,i}$

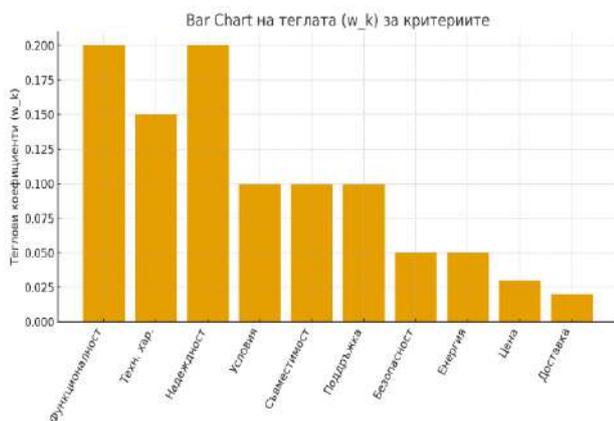
$$S_i = \sum_{k=1}^n w_k \cdot f_{k,i} \quad (3)$$

4. Приложение на подхода

За избор измежду три индустриални сензора А,В,С за функцията MAX на ЛВТ, се прилага описаният подход. Целта е да се избере оптимален оптичен сензор, който да следи максималното количество детайли по ЛВТ (виброшина), като целта е този сензор да не позволява да се претрупват детайли по виброшината и в следствие във вибробункера [4]. Често този тип претрупване води до задръстване в точката на преход между вибробункера и линейния вибрационен транспортър [5]. Входните данни са представени в Таблица 2, а значимостта на всеки фактор е показана графично и на фиг. 3 (теглата).

Таблица 2. Сравнителна таблица между компоненти А, В, С

Критерий	Тегло w_k	А	В	С
Функционална пригодност	0,20	5	4	4
Технически характеристики	0,15	4	5	3
Надеждност и ресурс	0,20	4	5	3
Условия на работа	0,10	4	4	3
Съвместимост и интеграция	0,10	5	3	4
Поддръжка и сервиз	0,10	5	4	3
Безопасност	0,05	4	4	3
Енергийна ефективност	0,05	3	4	4
Цена	0,03	3	4	5
Условия на доставка и складови наличности	0,02	4	4	3



Фиг. 3 Диаграма на значимостта на всеки параметър и съответния теглови коефициент

Използвайки уравнение (3), получените стойности за интегралните оценки са: $A=4,23$; $B=4,18$; $C=3,63$. Според методиката трябва да изберем компонента с най-висока оценка, но все пак крайното решение може да се повлияе и от други фактори, извън обхвата ѝ. Различни динамични характеристики, грешки и други фактори могат да окажат допълнително влияние в работата на даден компонент спрямо друг [6,7].

5. Изводи

Предложеният в доклада подход за избор на компоненти доказва своята ефективност при оценяване и сравнение на елементи за автоматизирани хранващи системи.

Формулираните критерии и въведените теглови коефициенти позволяват цялостна и обективна преценка, като отчитат както технически показатели, така и експлоатационни и логистични фактори.

Разработената последователност за интегрална оценка осигурява ясен математически механизъм за обособяване на алтернативи. Апробирането с три примерни компонента, налични на българския пазар показва, че методът работи надеждно и позволява обоснован избор на най-подходящия вариант.

Получените резултати потвърждават, че систематичният подбор на компоненти намалява риска от откази, подобрява стабилността на хранващите системи и подпомага постигането на по-висока производителност и надеждност в промишлената автоматизация.

6. Благодарности

Това изследване е финансирано от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на ОП „Научни изследвания, иновации и дигитализация за интелигентна трансформация“ 2021-2027 г., Проект № BG16RFPR002-1.014-0005 Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“.

ЛИТЕРАТУРА

- Valko Mitev, Ivo Malakov; Analysis of the quality of polymer parts for automatic assembly. AIP Conf. Proc. 21 February 2024; 3063 (1): 060012. <https://doi.org/10.1063/5.0195873>
- Малаков, И., Захаринов, В. *Choosing an Optimal Size Range of the Product “Pipe Clamp”*, Recent Advances in Soft Computing and Cybernetics, Springer, Cham, 2021, стр. 197–213.
- Малаков, И., Захаринов, В., Николов, С., Димитрова, Р., Стамболов, Г. *Determining the Influence of Model Parameters on the Choosing of an Optimal Size Range of Pneumatically Actuated Linear Modules for Sprayer Robots*, Annals of DAAAM & Proceedings of the International DAAAM Symposium, 2022, стр. 105–114.
- Панев, П., Стоименов, А., и др. *Automated Feeder for Animals*, Engineering Proceedings, MDPI, 2024.
- Панева, М., Панев, П. *Overview of Technologies and Systems for Industrial Automation*, 2024.
- Дичев, Д., Дяков, Д., Железаров, И., Орманова, М., Дичева, Р., Куприянов, О. *A Method for Correction of Dynamic Errors when Measuring Flat Surfaces*, Sensors, 24(16), 2024.
- Димитрова, Р., Николов, С., Цолов, С., Димитров, Л. *Methodology for Designing Low-Cost Robots with Parallel Kinematics*, Engineering Research Express, 2025.