

Сервоприводи в пакувальному обладнанні (стан питання, тенденції розвитку)

М.В. Якимчук, к.т.н., С.В. Токарчук, к.т.н., А.П. Беспалько, к.т.н., Г.Р. Валиулін, к.т.н.,
Національний університет харчових технологій, м. Київ



Галузь пакування готової продукції у світовій практиці — одна з тих, що найбільш динамічно розвиваються. І наразі це вже пакувальна індустрія, яка має свій потужний машинобудівний сектор. Проблеми вдосконалення та подальшого розвитку пакувального обладнання мають розв'язуватись у контексті прогресу пакувальних технологій, а це:

- підвищення технічного рівня та продуктивності;
- реалізація новітніх технологій пакування;
- впровадження прогресивних енергоощадних типів і видів приводів та систем керування ними.

Прогресивний керований привод — неодмінна складова розвитку будь-якого обладнання і пакувального зокрема. За деякими експертними прогнозами [1], в перспективі очікується поява п'ятого і шостого поколінь пакувальних машин. Четверте нині вже працює. Це програмовані машини автоматичної дії. Пакувальні машини новітнього покоління потребують приводів, що відповідали б новим вимогам. Це мають бути керовані та контрольовані приводи.

За період становлення пакувальної індустрії стратегічним стало застосування пневмо- й електроприводів. Сфери їхнього використання розподілились на паритетних засадах. Історично склалося так, що перші приводи, що дістали назву «слідкуючі» (80-ті рр. минулого сторіччя), розвивалися на базі електроприводів із використанням переважно сервосистем.

За принципом керування електродвигуном усі наявні конструкції слідкуючих електроприводів можна ретроспективно поділити на три групи: частотні, покрокові та сервоприводи. Наведена послідовність відображає еволюцію слідкуючих електроприводів. Остання група є найбільш розповсюдженою. Під терміном «слідкуючий привод» [2] розуміють привод із керуванням через зворотний зв'язок, який дає можливість точно реалізовувати параметри руху. Саме наявність у системі керування зворотних зв'язків робить сервоприводи широко функціональними пристроями, які здатні забезпечити високу точність реалізації заданих параметрів руху та позиціонування. Принцип дії сервоприводів полягає у безперервному порівнянні заданих кінематичних та динамічних параметрів роботи електродвигуна з їхнім дійсним значенням. Структура сервопривода (рис. 1) складається з мікропроцесорної системи керування 1, підсилювача потужності 2, пристрою передачі інформації 3, датчика зворотного зв'язку 4.

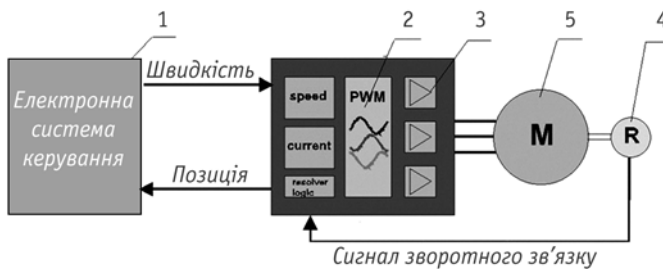


Рис. 1. Структура сервопривода

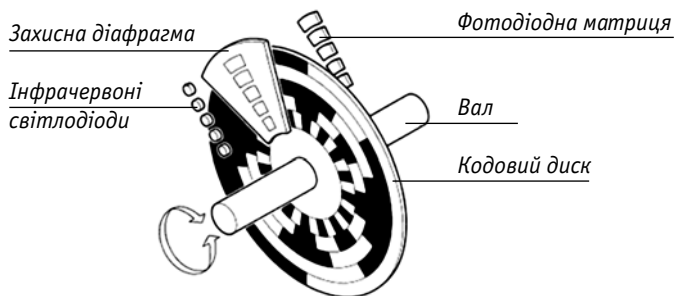


Рис. 2. Конструкція однооборотного енкодера



Як приводи в таких системах можуть використовуватись високомоментні синхронні та асинхронні електродвигуни 5 [1]. При цьому конструкції таких двигунів забезпечують малий момент інерції, низьке значення ковзання та високий ККД. Перевагою використання синхронних двигунів у сервоприводах є реалізація досить точного повороту вала на заданий кут, який вимірюється з точністю до кутових хвилин, відтворення законів зміни швидкості та прискорення за оптимальний проміжок часу. Основним недоліком такої системи є її вартість, яка значно дорожча сервосистем з асинхронними двигунами. Асинхронний двигун у системі сервопривода має менше переваг, однак здатний із великою точністю реалізувати закони зміни швидкості в межах великого діапазону зміни обертів вала. Як системи зворотних зв'язків у структурі сервопривода використовуються резольвери, синусно-косинусні енкодери, інкрементальні енкодери, енкодери з інтерфейсами HIPERFACE, EnDat, BiSS, які розміщуються в задній кришці серводвигуна і конструктивно зв'язані з його валом. Застосування енкодерів забезпечує визначення кута повороту об'єктів обертання шляхом генерування послідовного імпульсного цифрового коду. Зупинка вала двигуна призводить до зупинки передачі імпульсів. Тобто вихідним сигналом з енкодера є кількість імпульсів за один оберт. Миттєве значення кута повороту визначається шляхом підрахунку імпульсів із самого початку руху вала. Для обчислення миттєвої кутової швидкості вала процесор тахометра виконує диференціювання кількості імпульсів у часі. Вихідний сигнал з енкодера має два канали, в яких послідовність однакових імпульсів зсунуто на 90° один відносно іншого, що дає можливість визначити напрямок обертання вала. Конструкцію однооборотного енкодера показано на рис. 2. Такі енкодери здатні видавати абсолютне значення кількості імпульсів у межах одного оберту вала, тобто в радіусі 360°, що становить повний код. Після одного оберту вала код вважається повністю пройденим, і знову все починається спочатку. Основним недоліком більшості конструкцій енкодерів є відсутність запам'ятовування останньої координати вала двигуна у випадку непередбаченого вимкнення живлення системи.

Прогресивнішою системою зворотного зв'язку вважаються резольвери, конструкції яких не мають таких недоліків, але вони технічно складніші та вимагають виконання додаткових вимог під час експлуатації серводвигунів.

Для отримання лінійного руху робочих органів сервопривод додатково комплектується пристроєм перетворення обертального руху вала електродвигуна в поступальний рух робочого органа. Сучасні конструкції таких пристроїв виробники називають «осями». Робочим елементом «осей» є зубчастий пас або гвинтова пара. Компонування «осей» привода наведено на рис. 3.

Одним із перспективних напрямків реалізації поступального руху робочих органів є використання лінійного сервопривода, який не потребує додаткових перетворювальних пристроїв, а за конструкціями корпусів, габаритними, приєднувальними розмірами та ходом штоків співпадає з уніфікованими параметричними рядами розмірів пневмоциліндрів.

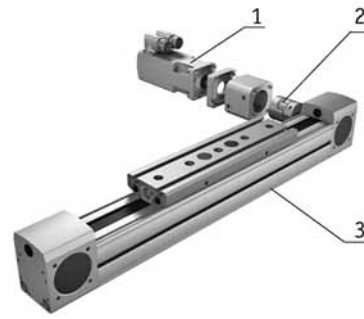
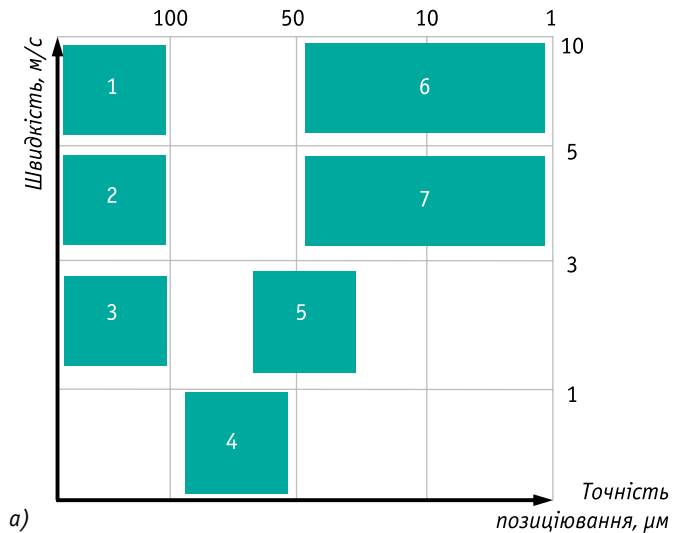
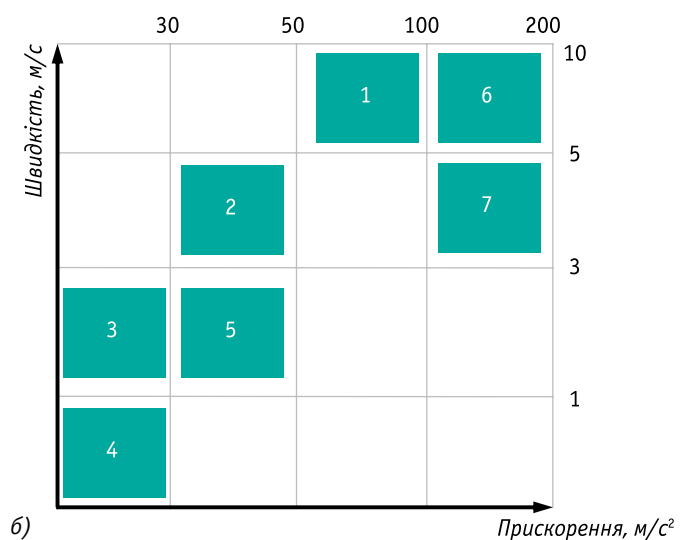


Рис. 3. Компонування «осей» з електродвигуном: 1 — електродвигун; 2 — муфта; 3 — «вісь»



а)



б)

- 1 — електропривод із «віссю» типу «зубчато-пасова передача»,
2 — сервопневматика, 3 — стандартний пневматичний привод,
4 — електропривод із «віссю» типу «гвинт — гайка ковзання»,
5 — електропривод із «віссю» типу «гвинт — гайка кочення»,
6 — лінійний двигун, 7 — гідравлічний привод

Рис. 4. Порівняльні характеристики приводів, які забезпечують лінійні переміщення робочих органів: залежність між точністю позиціонування робочих органів від їхньої швидкості (а); залежність між прискорення робочих органів від їхньої швидкості (б)

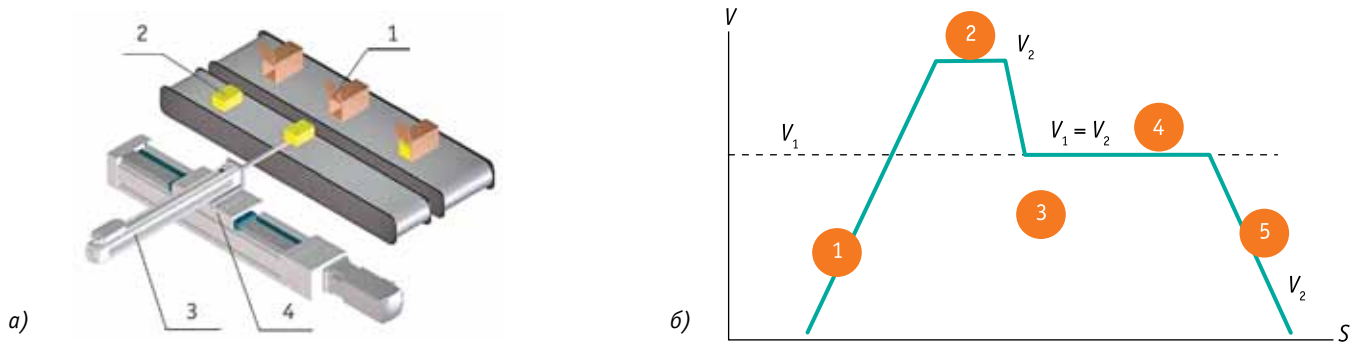


Рис. 5. Схема синхронізації роботи сервоприводів конвеєрів подачі порожньої тари та упаковок із сервоприводом каретки зіштовхувального механізму: схема лінії пакування (а); зміна швидкості каретки зіштовхувального механізму 4 як функції координати (б)

Такий підхід дає змогу робити взаємозаміну пневматичного приводу на електричний без додаткових технічних доопрацювань щодо кріплення при однакових ходах штоків.

Перевагу використання лінійних двигунів визначено шляхом порівняння характеристик приводів, які забезпечують лінійні переміщення робочих органів у пакувальному обладнанні, з можливістю реалізації законів руху та позиціювання в проміжних точках ходу (рис. 4). До таких систем відносяться: лінійний сервопривод, базовий пневматичний та гідравлічний приводи, слідкуючий пневматичний привод, електричний сервопривод із пристроями перетворення обертового руху вала електродвигуна в поступальний рух робочого органа з пасовою передачею або передачею «гвинт — гайка».

Результати аналізу показують, що лінійний сервопривод має досить високі характеристики позиціювання з точністю до 1 мкм (рис. 4а), які забезпечуються навіть за максимальної швидкості до 10 м/с. Прискорення робочого органа лінійного сервопривода може досягати 200 м/с² (рис. 4б). Жодний із решти представлених приводів не має таких характеристик. Тому можна стверджувати, що використання лінійного сервопривода в пакувальному обладнанні дає змогу розширити його функціональні можливості та отримати вагомий переваги під час реалізації лінійних рухів робочих органів.

Аналіз конструкцій сервоприводів та їхніх функціональних можливостей дав змогу визначити основні напрямки використання таких систем у пакувальному обладнанні, які спрямовані на збільшення швидкостей робочих органів, забезпечення синхронізації роботи кількох двигунів та розширення їхніх функціональних характеристик. Встановлено, що ключовим моментом, який спонукає розробників пакувального обладнання активно використовувати сервосистеми, є їхня унікальна можливість синхронізувати роботу декількох двигунів із широкими межами швидкостей та високими динамічними характеристиками за умови незначних затрат на створення систем керування.

Встановлено, що в сучасних зразках пакувального обладнання електронні системи сервоприводів одночасно керують синхронною роботою до десяти електродвигунів. Такі системи мають високу швидкодію та здатні реа-

лізувати складні алгоритми керування з можливістю переналаштування змінних параметрів роботи: крутних моментів, швидкостей, прискорень. Беззаперечною перевагою сервоприводів є здатність позиціювання робочого органа з високою точністю та пам'яттю на декілька сотень координат.

Взаємодію роботи сервоприводів у пакувальному обладнанні розглянемо на прикладі функціонування робочих органів у лінії пакування штучних виробів у споживчу тару [2], яка складається з двох конвеєрів подачі порожньої споживчої тари 1, штучних виробів 2 та зіштовхувального механізму 3 (рис. 5а).

Електронна система керування відслідковує розташування об'єктів 1 та 2 на конвеєрах, шляхом зміни швидкості стрічок розміщує упаковки навпроти порожньої тари в зоні завантаження та синхронізує їхні швидкості до значення V_1 . У зоні завантаження знаходиться зіштовхувальний механізм 3, який закріплено на каретці 4. Під час входження об'єктів 1 та 2 в зону завантаження з еncoderів сервоприводів конвеєрів знімаються характеристики кінематичних параметрів руху, які передаються системою керування на сервопривод каретки 4. Згідно з отриманими характеристиками (рис. 5б) привод розганяє каретку до швидкості V_2 (етап руху 1 та 2) та поступово синхронізує її значення до швидкості $V_2 = V_1$ (етап 3). Після процесу синхронізації швидкостей (етап 4), зіштовхувальний механізм переміщує штучний виріб у споживчу тару. По закінченні технологічної операції зіштовхування сервопривод каретки 3 гальмує її переміщення до повної зупинки (етап 5). Каретка повертається в початкове положення, і цикл повторюється.

Ефективність впровадження сервоприводів можна оцінити шляхом порівняння цієї лінії з різними системами керування. Так, у перших зразках таких ліній для керування електродвигунами використовувались частотні перетворювачі. Продуктивність лінії становила 20–25 циклів за хвилину. Спроба збільшити продуктивність унаслідок збільшення швидкостей обертання вала електродвигунів призводила до значної розсинхронізації роботи приводів і зрештою втрати якості процесу пакування. Установка сервосистеми збільшила продуктивність машини майже вдвічі з можливістю її подальшого підвищення до рівня фізичних можливостей механізмів лінії.

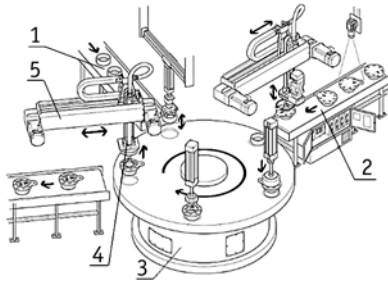


Рис. 6. Приклад синхронізації роботи сервоприводів у лінії для встановлення і кріплення упаковки з пластівцями на кришку термоформованої тари з в'язким продуктом

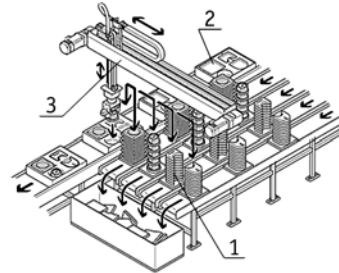


Рис. 7. Синхронізація роботи сервоприводів у лінії для групового пакування

Прикладом комплексного конструктивного підходу до використання сервоприводів у пакувальному обладнанні з однією системою керування є лінія роторного типу для встановлення кріплення упаковки з пластівцями на кришку термоформованої тари з в'язким продуктом (рис. 6). Для виконання технологічного процесу синхронізовано роботу серводвигунів конвеєрів подачі упаковки з пластівцями 1, тари 2 з в'язким продуктом та приводу ротора 3. Крім цього, синхронізовано роботу серводвигунів вертикального 4 і горизонтального 5 переміщень кареток у портальних укладальниках.

Сьогодні широким попитом споживачів користуються товари в груповій упаковці, де була б представлена не тільки однотипна фасована продукція, а й різнотипні вироби із широкими ваговими та об'ємними параметрами. Тому останнім часом переважна більшість підприємств харчової промисловості почала поставляти свою продукцію у вигляді групової упаковки. Приклад конструктивної схеми обладнання групового пакування показано на рис. 7. Для забезпечення швидкодії механізмів такого обладнання використано сервоприводи з розгалуженою системою керування [3], яка синхронізує роботу серводвигунів конвеєрів подачі порожньої тари 1 та серводвигуна конвеєра подачі тари 2 з роботою серводвигунів укладальних пристроїв 3. Додатковою перевагою сервосистем у таких лініях є можливість їхнього швидкого переналагодження на рівні програмного забезпечення у разі зміни форми або розмірів одиничних упаковок чи тари.

Отже, на основі проведеного аналізу можна стверджувати, що найбільш якісний результат використання сервоприводів у пакувальному обладнанні можливий за умови комплексного підходу до їхнього встановлення під час проектування нового обладнання. Беззаперечною перевагою сервосистем є можливість регулювання в широкому діапазоні значень кінематичних та динамічних параметрів робочих органів, синхронізації їхніх параметрів, що суттєво збільшує продуктивність пакувального обладнання. Простий спосіб позиціонування робочих органів із значною пам'яттю змінних координат дає змогу розширити функціональні можливості пакувального обладнання, що є суттєвим поштовхом для утворення нових систем діагностики та швидкого переналаштування.

Література:

1. Гавва О.М. Пакувальне обладнання: перспективи розвитку / Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. // Харчова і переробна промисловість. — 2009. — № 4–5. — С. 28–30.
2. Соколов М.М. Электропривод с линейными асинхронными двигателями / Соколов М.М., Сорокин Л.К. — М.: Энергия, 1979. — 152 с.
3. Каталог виробів компанії «Фесто». — Режим доступу: <http://www.festo-didactic.com/ru-ru>
4. Пашков Е.В. Промышленные мехатронные системы на основе пневмопривода: учебн. / Е.В. Пашков, Ю.А. Осинский. — Севастополь: СевНТУ, 2007. — 401 с. ✓

Сервоприводы в упаковочном оборудовании (состояние вопроса, тенденции развития)

Н.В. Якимчук, к.т.н., С.В. Токарчук, к.т.н., А.П. Беспалько, к.т.н., Г.Р. Валиулин, к.т.н.

Производство современного и конкурентоспособного упаковочного оборудования предусматривает использование в его конструкции прогрессивных управляемых и контролируемых приводных систем. В статье проведен анализ сервоприводных систем, построенных на основе различных типов двигателей, и определены основные направления их использования в упаковочном оборудовании при условии обеспечения высокого уровня производительности и точности позиционирования рабочих органов. Установлено, что достижение высоких показателей эффективности работы оборудования может обеспечиваться только при условии комплексного подхода к установке сервоприводов.

Ключевые слова: упаковочное оборудование; сервопривод; система управления; двигатель.

Servo actuator in packaging equipment (state and trends)

M.V. Yakymchuk, Ph.D., S.V. Tokarchuk, Ph.D., A.P. Bepalko, Ph.D., G.R. Valiulin, Ph.D. Production of the modern and competitive packing equipment provides use in its construction of progressive controlled drive systems. In article it was carried out the analysis of the servodrives systems of the constructed on the basis of different type's engines and the main directions of their use in the packing equipment on condition of support of the high level productivity and positioning accuracy of working organs. It is set that achievement of high rates of overall performance of the equipment can be provided only on condition of an integrated approach to installation of servo actuators.

Key words: packing equipment; servo actuator; management system; engine.