

# Применение сервоприводов в упаковочном оборудовании

Николай Татаринцев

Рассматривается замена асинхронного частотно-регулируемого электропривода и электромагнитной муфты на сервопривод в механизме дозатора линии упаковки сыпучего продукта. Анализируются преимущества использования сервоприводов с позиции основных характеристик упаковочного оборудования — производительности и точности дозирования. Приводятся возможные варианты организации системы управления.

## ВВЕДЕНИЕ

Крупнейший мировой производитель хлебопекарных дрожжей и добавок, улучшающих качество хлеба, — французская компания Lesaffre в 1995 году открыла свое представительство в Санкт-Петербурге, а в 1998 году был создан российский филиал — ООО «Саф-Нева» (рис. 1). Сегодня компания успешно развивается и является одной из самых известных французских фирм, представленных на рынке России. Важной составляющей успеха компании является наличие производственного оборудования, отвечающего высоким требованиям к производительности и качеству выпускаемой продукции. Существенная доля производственных мощностей занята в технологических процессах по упаковке хлебопекарных дрожжей. Стремление адекватно реагировать на растущие потребности российского рынка вызывает необходимость в обновлении и модернизации оборудования технологических линий и комплексов.

## Задача модернизации упаковочного оборудования

Основным функциональным узлом любой линии упаковки сыпучих продуктов является дозатор. Именно его работой определяются главные выход-



Рис. 1. Продукция ООО «Саф-Нева» — хлебопекарные дрожжи

ные характеристики линии в целом — производительность и точность дозирования. Различия в конструктивном исполнении дозаторов, их механических и динамических свойствах, а также в организации системы управления отличают одни линии от других. В данном случае модернизации подлежит высокопроизводительная линия, осуществляющая упаковку заданной дозы (веса) мелкогранулированного сыпучего продукта в пакеты из пленки. Вес одного пакета готовой продукции задаётся оператором в соответствии с установленными нормами и, как правило, составляет 50 или 100 грамм. Время выполнения полного технологического цикла линии при средней заданной производительности — менее 1 секунды. Максимальная

допустимая погрешность дозирования — менее 1%.

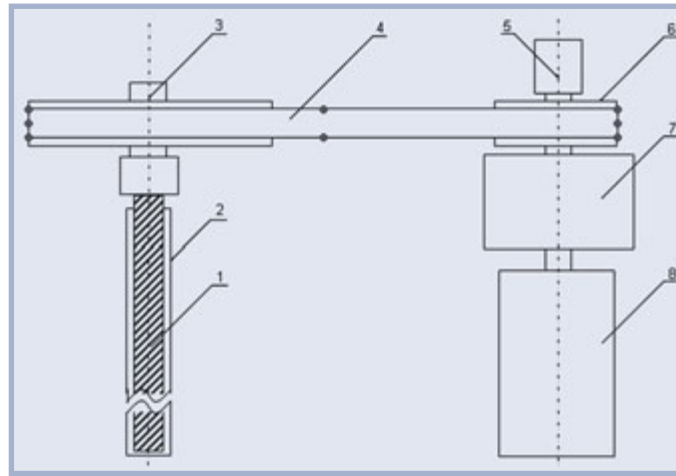
Собственно дозатором в рассматриваемой линии является вертикально расположенный шнек. До модернизации (рис. 2) шнек приводился в движение асинхронным двигателем, сопряжение вала которого со шнеком производилось через передаточный механизм с электромагнитной муфтой. Вал двигателя вращался постоянно с заданной скоростью, а шнек механически входил в сцепление один раз за цикл при включении электромагнитной муфты. Производительность линии в такой схеме определяется скоростью вращения шнека, а доза — продолжительностью сопряжения шнека с постоянно вращающейся частью передаточного механизма.

Система управления линией построена на базе программируемого логического контроллера (ПЛК) CQM1N фирмы Omron, содержащего в своем составе встраиваемую плату ввода-вывода импульсных сигналов (CQM1N-PLB21), встраиваемую плату последовательного канала связи (CQM1N-SCB41) и необходимый набор модулей ввода-вывода дискретных сигналов (рис. 3). Управление скоростью вращения вала асинхронного двигателя осуществлялось от преобразователя частоты, по команде контроллера, через последовательный канал связи (CQM1N-SCB41). Команда на вклю-

чение электромагнитной муфты поступала от модуля вывода дискретных сигналов CQM1-OD212. Для коммутации внешних устройств, ток которых превышает токи модулей ввода-вывода ПЛК, были применены реле OMRON серии G2R и 3GNA-410B-DC5-24 (полупроводниковые реле). Цепи управления получают питание от импульсных источников OMRON S82K-05024. В контуре положения использовался импульсный датчик с разрешением 100 импульсов на оборот. Датчик положения был установлен на валу передаточного устройства и осуществлял выдачу импульсов в контроллер посредством модуля CQM1H-PLB21. Для организации человеко-машинного интерфейса (ввода и отображения информации) используется программируемый символьный терминал.

Алгоритм работы линии в данном случае достаточно простой. В начале каждого цикла упаковки включалась электромагнитная муфта и вводила в зацепление шнек дозатора с вращающейся частью передаточного устройства. Угол поворота шнека отслеживался импульсным датчиком угла поворота. Импульсы датчика подсчитывались контроллером и при достижении ими заданного количества (в соответствии с установленной дозой) программируемый контроллер через модуль вывода дискретных сигналов подавал команду на выключение муфты. Муфта выводила шнек из механического зацепления и последний останавливался, завершая тем самым наполнение одного пакета. Затем после выполнения технологических операций по отделению и формированию следующего пакета цикл повторялся. Асинхронный двигатель при этом вращался в течение всего времени работы линии, не останавливаясь на каждом цикле.

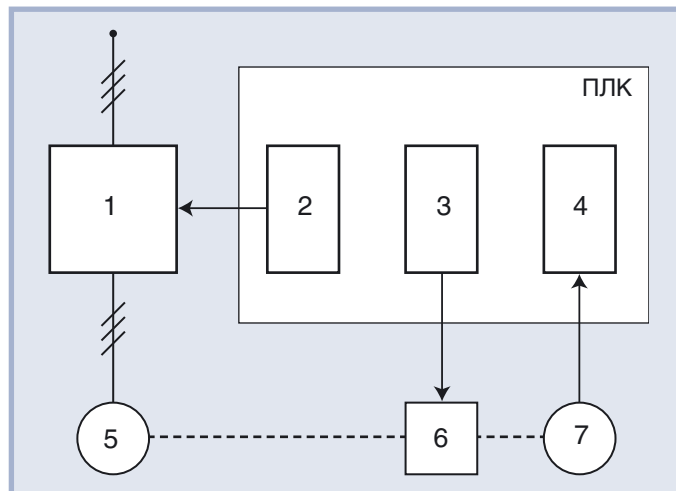
При всей простоте и прозрачности алгоритма работы механизмов системы такое решение обладает рядом недостатков. С точки зрения



Условные обозначения:  
1 — шнек; 2 — труба; 3 — зубчатый шкив D2; 4 — ремень;  
5 — импульсный датчик угла поворота; 6 — зубчатый шкив D1;  
7 — электромагнитная муфта; 8 — асинхронный двигатель.

Рис. 2. Дозатор

работы дозатора, все они связаны с наличием сложного электромеханического узла, а именно передаточного устройства и электромагнитной муфты. Наличие люфтов и ограниченной жёсткости механических звеньев приводит к появлению погрешности дозирования. При эксплуатации по мере износа узлов погрешность возрастает, причём отклонения веса от заданного происходят как в меньшую, так и в большую сторону. Такой вид погрешности является не учитываемым при данной структуре управления, что на практике ведёт к периодической замене износившихся узлов на новые, в первую очередь, к замене дорогостоящей электромагнитной муфты. Как следствие, увеличиваются затраты на



Условные обозначения:  
1 — инвертор; 2 — плата CQM1H-SCB41; 3 — модуль CQM1-OD212;  
4 — модуль CQM1H-PLB21; 5 — асинхронный двигатель,  
6 — электромагнитная муфта; 7 — датчик положения.

Рис. 3. Блочная структура системы управления дозатором до модернизации

обслуживание линии. Кроме того, такая линия требует повышенного внимания со стороны обслуживающего персонала за контролем веса выходной продукции.

### Поиск возможного решения

Линии, подобные рассматриваемой, нередко используются без электромагнитной муфты. В таких случаях на асинхронный электропривод возлагается как задача управления скоростью вращения шнека, так и его позиционирование, то есть асинхронный электропривод работает в циклическом режиме. На каждом цикле преобразователь частоты разгоняет машину до заданной скорости, стабилизирует её, а затем по команде контроллера переводит в режим торможения. Выдача команды торможения, как и в первом варианте, определяется по датчику положения. Недостатком этого варианта по сравнению с предыдущим следует считать тяжёлый режим работы асинхронного двигателя. Напомним, что продолжительность каждого цикла при средней производительности не превышает одну секунду. Ввиду короткого времени работы на установившейся скорости двигатель регулярно находится в переходных режимах пуска и торможения. Это приводит не только к нагреву двигателя, но и в значительной мере осложняет настройку привода. Таким образом, асинхронный электропривод

накладывает ограничение на увеличение производительности линии при сохранении заданных требований к точности дозирования. В такого рода задачах предпочтение отдают сервоприводам переменного тока.

Применение сервоприводов в станочной сфере — явление не новое. В большинстве случаев благодаря их использованию достигаются наилучшие характеристики систем автоматизации и нередко их применение является единственно приемлемым. Современный сервопривод способен управлять скоростью, моментом и положением. Принцип его действия подразумевает возможность решения задач стабилизации и слежения. Эти характеристики

позволяют применять сервоприводы в основном на тех объектах, где предъявляются высокие требования к динамике и точности работы электромеханических систем. Дозатор рассматриваемой упаковочной линии относится именно к такому классу объектов.

Использование сервопривода в управлении дозатором кардинально меняет подход к наличию и учёту погрешности дозирования. В отличие от предыдущих вариантов из системы исключается не только электромагнитная муфта, но и весь ранее использовавшийся передаточный механизм. Теперь вал сервомашин жёстко сочленяется непосредственно со шнеком дозатора. Такой конструктив освобождает систему от наличия описанных погрешностей. В данном случае шнек, вал сервомашин и датчик положения находятся на одной оси (рис. 4, 5).

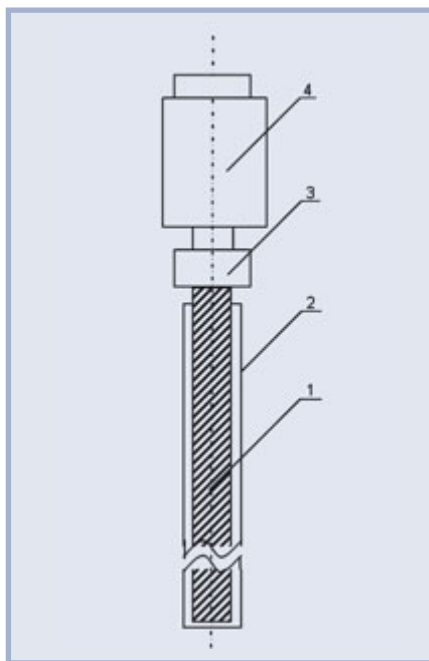
Для организации системы управления не требуется дополнительного оборудования. Более того, на основе имеющихся модулей программируемого контроллера возможны различные варианты решения. В первом из них (рис. 6) программируемый логический контроллер подаёт сигналы управления на преобразователь сервопривода через модуль вывода дискретных сигналов CQM1-OD212. В частности, подаются три дискретных сигнала, один на пуск сервопривода в работу (RUN), а два других — на переключение скорости с заданной (SPD2) на нулевую (SPD1). Импульсный датчик угла поворота (вмонтирован в корпус серводвигателя) подключается только к преобразователю сервопривода.

Такой вариант решения является самым простым из всех возможных. По существу, дискретные сигналы, приходящие в прежнем решении от ПЛК на управление электромагнитной муфтой (включение/выключение), теперь поступают на сервопривод (устанавливают заданную и нулевую скорость). Требуемая скорость сервопривода в данном варианте уста-



Рис. 4. Технологическая линия TME500P

навливается непосредственно с лицевой панели преобразователя как один из его внутренних параметров (Internal speed setting). Таким образом сервопривод работает в режиме многоступенчатого (в частности, двухступенчатого) управления скоростью через дискретные входы управления. Как видно, изменился не только принцип задания требуемой скорос-



Условные обозначения:  
1 — шнек; 2 — труба; 3 — муфта соединительная; 4 — серводвигатель.

Рис. 5. Узел дозатора (после модернизации)

ти, но и сама процедура её установки по отношению к прежнему решению. Ранее эта операция производилась непосредственно с пульта управления и не требовала непосредственного доступа к электроприводу. Заметим, что требуемая скорость не относится к параметрам, требующим регулярного или оперативного изменения. Эта процедура производится лишь при переналадке линии.

Можно отметить следующие преимущества такого варианта.

1. Из состава оборудования линии исключается электромагнитная муфта и ременный передаточный механизм.

Недостатки наличия этих узлов описаны при анализе прежнего решения. Собственно основная задача модернизации линии заключалась в обеспечении стабильных показателей точности и производительности работы.

2. Не требуется введения дополнительного оборудования в автоматизированную систему управления линией.

Этот фактор является весьма важным как при модернизации существующих, так и при создании новых подобных линий. При модернизации — это сокращение дополнительных затрат на её проведение. При создании новых подобных линий — снижение затрат на оборудование (стоимость передаточного узла и электромагнитной муфты) и построение системы управления (стоимость платы последовательного канала связи CQM1H-SCB41). Более того, ввиду упрощения задач, возлагаемых на ПЛК, последний может быть выбран с меньшими функциональными возможностями, а следовательно, и менее дорогостоящий.

3. Короткий срок выполнения работ по модернизации.

При таком варианте не требуется внесения серьёзных изменений в программу контроллера. Малый объём работ по модернизации способствует сокращению времени простоя линии.

4. Сокращение затрат на эксплуатацию.

Перечисленные преимущества делают этот вариант наиболее привлекательным по сравнению с другими решениями. В частности, модернизация по такой схеме была произведена для линии упаковки TME500P.

На модернизированной линии используется комплектный сервопривод



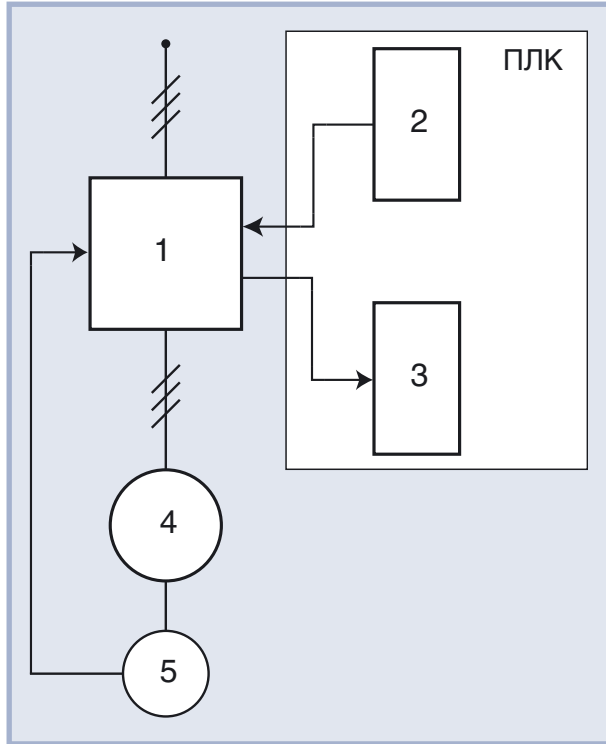
серии OMNUC W фирмы Omron мощностью 1000 Вт (модель R88D-WT10HF) с сервомашинной R88M-W85015F-S2 (1500 об./мин). Сервомашинна снабжена встроенным семнадцатирядным инкрементным датчиком положения.

На рис. 7 представлены осциллограммы скорости: 1 — заданная скорость (Speed Command) и 2 — реальная скорость шнека, значение которой определяется датчиком положения (Feedback Speed). Сигнал TGON меняет своё состояние, когда скорость сервомашинны превышает некоторое заранее запрограммированное значение (Rotation speed for motor rotation detection). В данном случае этому параметру было установлено значение 1 оборот в минуту (минимальное из возможных). Из представленных осциллограмм следует, что при таком варианте решения отсутствует ошибка, вносимая сервоприводом в погрешность дозирования.

При проведении эксперимента производилась упаковка пакетов весом 100 грамм (максимальная технологическая доза). Видно, что при таком весе при скорости привода 1000 оборотов в минуту собственно процесс дозирования протекает менее 0,6 секунды (рис. 7, кривая 3). Значения параметров переходных процессов по скорости позволяют сделать вывод о существенном запасе производительности (выбранный сервопривод способен работать на скоростях до 3000 оборотов в минуту). Во время дальнейшей эксплуатации линии привод продемонстрировал высокое качество работы при различных заданных дозах и требуемой производительности.

До модернизации линия была способна паковать с заданной погрешностью не более 50 пакетов в минуту, независимо от их веса (50 или 100 г).

На данный момент производится упаковка пакетов весом 100 г по 55 штук в минуту, а пакетов весом 50 г — 60 штук в минуту, что соответствует увеличению плановой производительности на 5 и 10%. С момента



Условные обозначения: 1 — сервопривод; 2 — модуль CQM1-OD212; 3 — модуль CQM1H-PLB21; 4 — сервомашинна; 5 — встроенный датчик положения.

Рис. 6. Блочная структура системы управления дозатором после модернизации

пуска линии в опытную эксплуатацию внештатных ситуаций и сбоев в работе не наблюдалось, узел дозатора не подвергался какому-либо техническому обслуживанию или ремонту (не было необходимости), в то время как до модернизации линия требовала еженедельного обслуживания.

Возможны и другие решения по применению сервоприводов при модернизации подобных линий. Так, например, управлять скоростью в

сервоприводах OMNUC W можно внешним аналоговым сигналом  $\pm 10$  В. Однако при этом в систему управления линией потребуется добавить модуль вывода аналоговых сигналов. В данном случае при применении ПЛК CQM1H можно использовать модуль CQM1-DA021 совместно с источником питания CQM1-IPS01. С технической точки зрения, этот вариант является достаточно гибким с позиции формирования сигнала задания скорости.

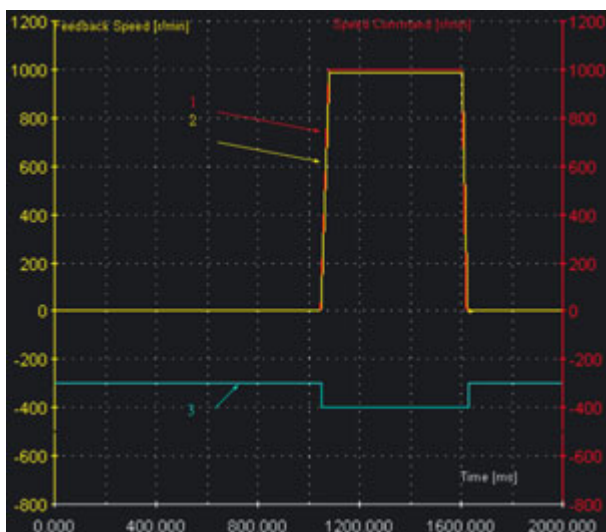
Рассмотренные варианты сходны между собой. Отличие заключается в способе задания скорости: внешним аналоговым сигналом или переключением ступеней скорости посредством внешнего дискретного сигнала.

## Выводы и рекомендации

Динамические характеристики сервоприводов позволяют удовлетворить высокие требования к производительности и точности работы современных автоматизированных линий для упаковки сыпучих продуктов. Установка сервомашинны непосредственно на вал исполнительного механизма дозатора высвобождает из состава линии оборудование с низким жизненным ресурсом (электромагнитные муфты, передаточные устройства, редукторы), вносящее в конечном итоге погрешность в процесс дозирования. В современных машинах для упаковки продуктов сервоприводы используются не только в механизмах дозаторов, но и в электромеханических системах подачи упаковочного материала. Это способствует более существенному росту производительности технологических линий, гибкости в настройке при переходе к другим видам сырья и упаковочных материалов.

Подводя итоги, можно сказать, что оборудование для пищевой промышленности — одна из самых перспективных сфер применения сервоприводов. ●

Автор — сотрудник  
ООО «НПФ Ракурс»  
Телефон: (812) 252-3244



Условные обозначения: 1 — заданная скорость (Speed Command); 2 — реальная скорость (Feedback Speed); 3 — сигнал TGON.

Рис. 7. Осциллограммы скорости