

# ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

КОМПАНИЯ BOSCH REXROTH

Массовое производство печатной электроники может быть достигнуто при помощи рулонной системы с точной регулировкой натяжения ленты.

## ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ МАТЕРИАЛА И ТОЧНОСТНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Изначально технология многоосного регулирования натяжения ленты разрабатывалась для цифровой печати, но в дальнейшем было признано, что она является превосходным решением для цифровой печати электроники на рулонах ленты, например при изготовлении дисплеев на органических светодиодах, носителей с использованием электронной бумаги и при изготовлении интегральных схем. Аналогично тому, как в струйном принтере на листы бумаги наносятся чернила, в цифровом рулонном прессе на крупные подложки из гибких органических материалов наносятся тонкопленочные схемы транзисторов или других устройств. Но в отличие от традиционной, более медленной полистовой подачи, в рулонном прессе подложка поступает с подающего рулона, проходит через печатную секцию и идет на приемный рулон. Матрица пьезоэлектрических печатающих головок наносит чернила (проводящий

органический раствор) на подложку по точно заданным координатам. Погрешность нанесения для таких приложений, как тонкопленочные транзисторы или органические светодиоды, должна быть менее 10 микрон.

Процесс выполняется непрерывно. При высокоточной лазерной печати принтер работает со скоростью до 240 м в минуту. При рулонной печати электролюминесцентный материал или микрокристаллический слой наносятся на подложку с меньшей скоростью, порядка 3–30 м в минуту. Увеличение скорости рулонной печати значительно снижает стоимость изготовления, но для достижения рентабельных результатов необходимо решить несколько непростых задач.

## СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ НАТЯЖЕНИЯ ЛЕНТЫ

Точность совмещения наносимых слоев зависит от двух связанных переменных: натяжения ленты и скорости ее перемещения.

В идеальных условиях неравномерность натяжения ленты не возникла бы, и регулировать натяжение не потребовалось бы. Но регулировка натяжения необходима в связи с воздействием нескольких факторов:

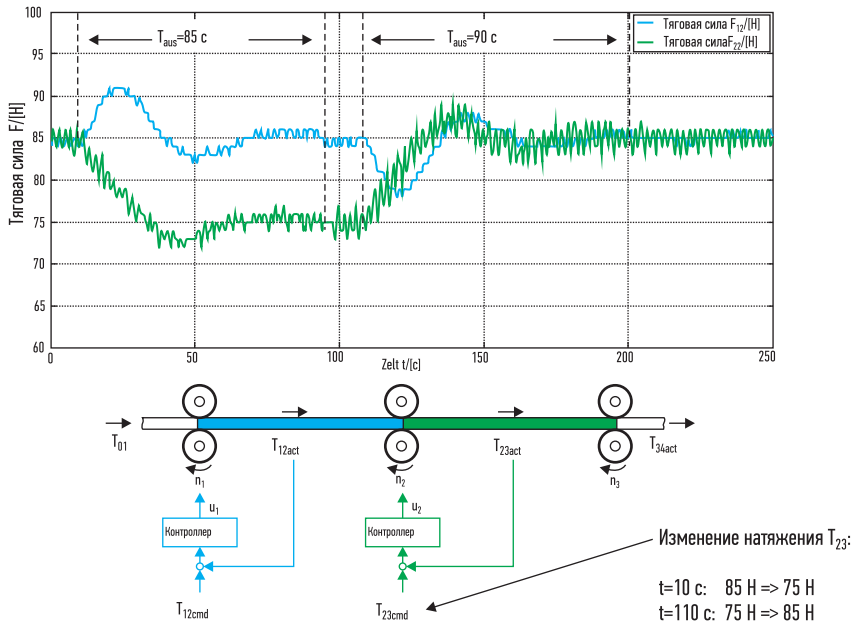
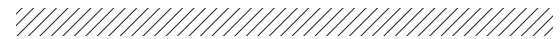
- колебаний, вызванных механическими неточностями конструкции;
- различным инерционным откликом механических элементов во время ускорения ленты;
- неравномерностью в разматывании и натяжении рулонов;
- проскальзыванием захватывающих роликов.

Используя свой обширный опыт ведущего на рынке производителя устройств цифровой печати, Rexroth разработала технологию натяжения ленты, которая способна решить основную задачу рулонной печати, обеспечивая высокие скорости при высокой точности совмещения.

Система регулирования натяжения ленты обеспечивает равномерное натяжение подложки при ее перемещении. Поскольку свойства подложки изменяются в связи с воздействием нагрузки, то изменения в натяжении воздействуют на равномерность нанесения материалов. Изменение натяжения ленты приводит к образованию трещин, разрыву цепей и расслоению. Изменения в скорости перемещения зоны печати влияют на совмещение, толщину наложения материала и разрешение тонких линий. По всему ходу движения ленты должно поддерживаться постоянное натяжение на каждом участке натяжения, которые рассматриваются как изолированные области, для которых требуется поддержание постоянного натяжения в соответствии с тем процессом, который выполняется в данной области. Рулонная печатная машина может иметь несколько участков натяжения. Проблемы возникают тогда, когда на одном участке натяжения произошли изменения, а на других участках этих изменений не должно произойти. Если система регулирования натяжения попарно связывает все участки натяжения, изменение на одном участке приводит к каскадному изменению по всем другим, что приводит в результате к стабильному состоянию всей ленты.

### Ключевой принцип

Технология многоосного регулирования натяжения позволяет разделить ленту на независимые участки регулирования натяжения. Изменение натяжения на одном участке не приводит к нарушению равномерности натяжения на другом участке.



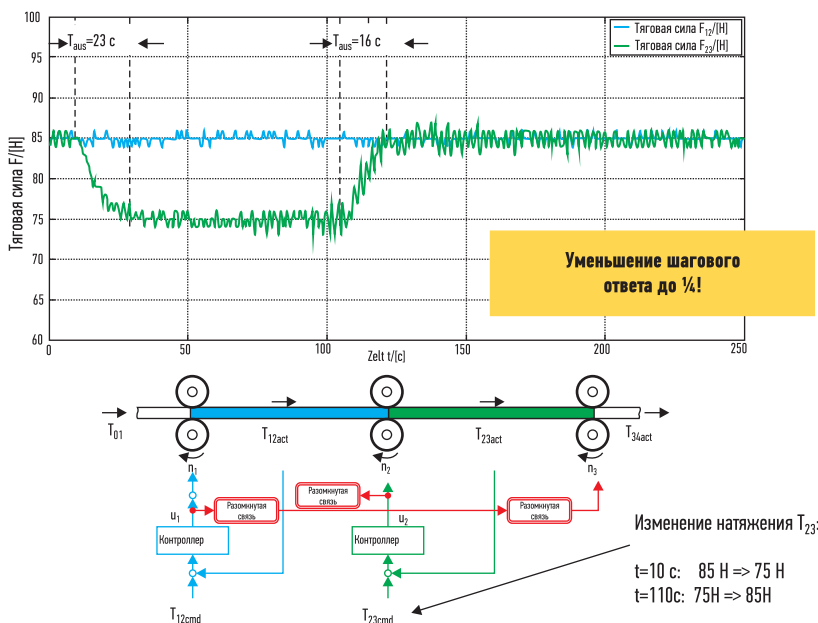
**РИС. 1.** Мы наблюдаем отсутствие стабильности ленты при движении ленты со скоростью 5 м в секунду с двумя последовательными регуляторами натяжения ленты на двух участках натяжения. На контроллеры зеленого участка посылаются команды пошагового ослабления натяжения

Нестабильность может повлиять на равномерность движения ленты на скорости 5 метров в секунду с двумя последовательными контроллерами натяжения на двух участках натяжения. Команда пошагового уменьшения натяжения посылается на все следующие контроллеры по ходу движения ленты (рис. 1, 2). На первом участке не требуется никаких изменений. Но поскольку лента непрерывна, возмущения от изменения натяжения ленты передаются в обратном

направлении на первый участок, в результате чего контроллер первого участка оказывает корректирующее воздействие. В свою очередь, это изменение ведет за собой изменение на следующем участке, и снова на первый участок передается возбуждение. Этот процесс возникновения возбуждения успокаивается примерно через 85 с. Натяжение ленты окончательно стабилизируется через 90 с. В течение этого времени машина производит брак.

**УСТРАНЕНИЕ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ КОНТРОЛЛЕРАМИ: ПРЕИМУЩЕСТВА**

Задачу удастся решить, если ликвидировать связи участков натяжения так, чтобы каждый контроллер работал независимо. Аналогичное решение реализовано в приложениях цифровой печати с использованием прецизионных контроллеров и уникального функционального модуля независимых натяжений. Как явствует из названия, этот функциональный блок позволяет регулировать



**РИС. 2.** На печатной машине используется два последовательных контроллера. Но в настоящем случае сигнал о шаговом изменении, подаваемый контроллером зеленого участка, не создает каскадных изменений на предыдущем участке. Наряду с устранением связей между участками для ликвидации обратной связи, контроллер Rexroth иницирует ответ на шаговое уменьшение натяжения за одну четвертую времени стандартных контроллеров

Регулировка натяжения позволяет сэкономить время за счет быстрого запуска, увеличить объем выпускаемой продукции, увеличить производительность и использовать более точные технологии и материалы.

натяжение на каждом участке независимо. В результате изменения в натяжении на каждом участке можно изолировать так, чтобы они не влияли на изменения на другом участке.

В настоящем случае в печатной машине используются два последовательных контроллера. Но сейчас сигнал о шаговом изменении на зеленом участке не создает каскадного изменения на предыдущем участке. Наряду с разъединением контроллеров для ликвидации обратной связи, контроллер Rexgoth инициирует ответ на шаговое уменьшение натяжения за одну четвертую времени стандартных контроллеров. Как упоминалось, натяжение можно контролировать на машинах с количеством осей до восьми. Одну или несколько

точек можно оставить без управления. На выбранной оси скорость остается постоянной. При остановке натяжение ленты можно сохранить. Многоосная система регулировки натяжения увеличивает его точность при остановке в два-четыре раза. Время восстановления необходимого натяжения при остановке значительно короче. Без устранения связей между контроллерами уставное натяжение может быть достигнуто за 13–14 с, а при ликвидации связей — за 3–4 с.

Как и в случае с цифровой печатью, переход на рулонную печать на ленте ускорится, поскольку развивается технология, способная обеспечить высокую точность при высокой скорости. Уже сейчас можно утверждать, что регулировка натяжением дает несколько преимуществ, ведущих к увеличению прибыли: машина с рулонной лентой запускается быстрее, что позволяет сэкономить время и увеличить объем выпускаемой продукции; более продолжительные периоды стабильного натяжения ленты позволяют уменьшить количество брака и увеличивают производительность; уменьшение отклонения в натяжении позволяет улучшить совмеще-

ние и позволяет использовать более точные технологии и материалы.

\* \* \*

Поскольку наносимый материал печатной электроники может быть более чем на порядок дороже стандартной подложки, технология регулировки натяжения по нескольким осям с разомкнутой связью контроллеров обещает хорошую окупаемость. OEM-производители могут получить готовый продукт, обеспечивающий наиболее надежное решение проблемы натяжения рулонной ленты на печатных станках. Это дает возможность сократить время выхода продукции на рынок и упростить внедрение благодаря интегрированным компонентам, включая приводы, функциональные модули и программное обеспечение. Повышенное качество совмещения и увеличение производительности, технология с использованием разомкнутых контроллеров натяжения позволяет OEM-производителям решить стоящие перед ними задачи при установке рулонных станков и обещают большое будущее для крупномасштабного производства печатной электроники. ●