

ПЛАТФОРМА FUZION: ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, КАЧЕСТВО

А. Калмыков akalmykov@clever.ru; В. Мейлицев

В первой части статьи мы начали рассказ об автоматах для поверхностного монтажа серии Fuzion – последней разработке компании Universal Instruments, впервые представленной публике в феврале 2013 года. Создавая эту серию, компания ставила целью предложить рынку семейство машин, из представителей которого можно построить производство разного масштаба, с любой степенью разнообразия выпускаемой продукции – от сборки единичных прототипов устройств ответственного назначения до крупносерийного много- или малономенклатурного выпуска потребительской электроники. Для достижения этой цели в станках Fuzion воплощено множество новых технических решений, защищенных патентами, реализованы оригинальные подходы, не встречающиеся у других производителей аналогичной техники.

Один из таких подходов – применение в автоматах всего двух монтажных голов, имеющих свою специализацию по скорости и точности, но при этом сильно "пересекающихся" по типам устанавливаемых компонентов. О быстродействующей 30-шпиндельной турельной голове FZ30 мы рассказали в первой части статьи; эту часть начинаем с описания универсальной высокоточной рядной головы FZ7.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ГОЛОВА FZ7

Если специализацией 30-шпиндельной турельной головы FZ30 в составе машин серии Fuzion является скоростная установка широкого, но все-таки ограниченного спектра компонентов, то главным качеством 7-шпиндельной рядной головы FZ7 (рис.1) является универсальность. Ее диапазон – от типоразмера 0201 (0603 мм) до элементов величиной 150×150 мм, высотой до 25 мм, опционально – 30 мм. Голова устанавливает большие интегральные схемы с планарными или шариковыми выводами, детали сложной или неправильной формы, компоненты со штыревыми выводами, разъемы, радиочастотные экраны и т. п. При работе с особо крупными компонентами задействуются четыре шпинделя из семи.

Все шпиндели способны развивать усилие прижатия до 5 кг. Быстродействие головы по паспорту – 16,5 тыс. комп./час, измеренное по стандарту IPC9850 (на комбинации чип-компонентов 0603 и микросхем) – 11,4 тыс. комп./час. Голова отличается высокой точностью. Угловая погрешность позиционирования компонента в горизонтальной плоскости не превышает 0,2°, о точности по осям X, Y будет сказано ниже.

Особо следует отметить возможность работы с высокими компонентами. При специальном режиме работы для высоких компонентов каждый из шпинделей головы FZ7 может подниматься на вдвое большую высоту по сравнению с его стандартным положением, чем обеспечивается правильное распознавание компонентов высотой до 35 мм.

* Продолжение. Начало см.: ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. 2015. № 3.



Рис.1. Универсальная монтажная голова FZ7 (слева); головы FZ7 (на заднем плане) и FZ30 в сборочном автомате серии Fuzion (справа)

Голова FZ7 не комплектуется встроенной камерой оптической инспекции. Это обдуманное решение специалистов компании Universal, к которому они пришли еще в процессе проектирования сборочной платформы предыдущего поколения. Дело в том, что система линз и камер на рядной голове должна быть подвижной: сначала она должна выдвигаться к захваченной детали для инспекции, а потом уходить в сторону, чтобы не мешать шпинделям производить установку на плату. Подвижность оптической системы является одним из факторов постепенного падения точности инспекции, она увеличивает объем технического обслуживания. Другой вариант, наиболее распространенный сегодня в монтажных автоматах, – линейное сканирование, когда компонент перед установкой проводится вдоль вертикально расположенной оптической матрицы. Это процесс достаточно быстрый, но он хуже с точки зрения надежности распознавания – ведь камера видит лишь боковую проекцию компонента.

В машинах серии Fuzion с головой FZ7 работает внешняя цифровая камера собственной разработки Universal Instruments, которой дали название Magellan (рис.2). Это телекамера технического зрения с горизонтально расположенной линзой, помещенной в бункер в виде пустотелой пирамиды, на стенках которого смонтирована светодиодная система освещения. Система обеспечивает фронтальную, боковую и заднюю (фоновую) подсветку, эти режимы могут использоваться как отдельно, так и в комбинации друг с другом; интенсивность освещения регулируется. В результате, в отличие от систем линейного сканирования,

камера Magellan обеспечивает полное изображение компонента и распознавание всех деталей, выводов, особенностей; она выявляет дефекты типа отсутствующих выводов, точно контролирует ориентацию компонента.

Поле зрения камеры очень велико – 55×55 мм, что позволяет сканировать компоненты такого размера "на лету", в режиме единичного поля зрения. При необходимости, например, если велика высота компонента, технолог может запрограммировать его погружение в бункер. Особо крупные компоненты, размеры которых превышают поле зрения камеры, инспектируются в режиме мультиплицированного поля зрения. В таком режиме, делая несколько снимков компонента, следующих один за другим, можно распознавать, например, коннекторы длиной до 150 мм.



Рис.2. Телекамера технического зрения Magellan

Доступны две модели камер, с разрешением 17 пикс./мм (2.3 MPP) и 42 пикс./мм (0.94 MPP). В один автомат Fuzion может быть установлено до двух камер Magellan.

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ УНИВЕРСАЛА: "ГРИППЕРЫ" И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗАХВАТЫ

Для универсальной головы FZ7 предусмотрен обширный набор разнообразных захватов. Universal Instruments делит захваты для компонентов своего собственного производства на несколько категорий. В первую очередь, это вакуумные захваты – "ноззлы" (nozzles), или "носики", как часто их называют у нас. Это наиболее распространенные захваты, которые подходят для большинства SMD компонентов. Однако часто приходится искать и специальные решения.

Universal Instruments имеет специальное подразделение, которое занимается разработкой оснастки и технологического процесса монтажа компонентов неправильной формы. Однажды в компанию обратился известный американский производитель электроники для автомобилей премиум-класса, который представил коннектор очень своеобразной формы, только появившийся на рынке компонентов, с просьбой автоматизировать процесс его установки с целью обеспечения заданной скорости монтажа. Поскольку сам производитель этого коннектора был в затруднении, какую использовать упаковку, и поэтому предлагал приобретать его просто в россыпи – решили начать с рекомендаций по технологической упаковке. Был разработан специальный лоток с расчетом на применение в качестве монтажной

платформы в одной из моделей Fuzion с головой FZ7 (рис.3). После проведения достаточного количества испытаний заказчику была предложена специальная конструкция вакуумного захвата и рекомендации по настройке управляющего ПО станка для оптимизации процесса. Заказчик остался доволен работой Universal и внедрил этот нестандартный компонент в несколько своих следующих изделий.

Отдельной и весьма популярной темой как во всем мире, так и среди предприятий России является поиск наилучших решений для монтажа светодиодов (LED компонентов). Изделия с применением светодиодов находят все более широкое применение, и число их производителей постоянно растет.

В большинстве своем LED компоненты не являются сложной задачей для монтажного автомата любого производителя, но только в том случае, когда они имеют плоскую поверхность, за которую их можно поднять. Однако, как выяснили специалисты Universal Instruments, ситуация принципиально усложняется, когда речь заходит о светодиодах с мягкой силиконовой линзой. Такую линзу легко повредить, если захват имеет обычную жесткую поверхность, и тогда компонент будет безнадежно испорчен. Кроме того, если температура вблизи от места монтажа поднимается выше заданной, силиконовая линза имеет свойство прилипать к захвату, и тогда возникают проблемы с точностью установки, и опять-таки сохранностью компонента. А ведь LED компоненты такого типа, как правило, недешевы.

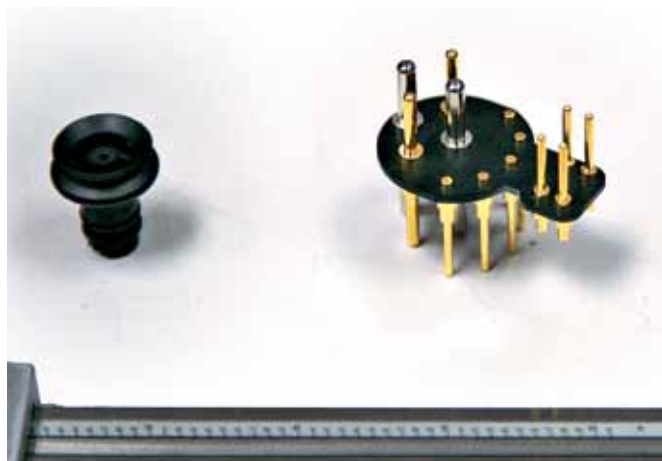


Рис.3. Монтаж компонентов сложной формы: вакуумный захват и компонент, для которого он предназначен – коннектор особой формы (слева; линейка проградуирована в дюймах); лоток-питатель, разработанный компанией для данного компонента, в левом углу на переднем плане – телекамера для распознавания Magellan (справа)

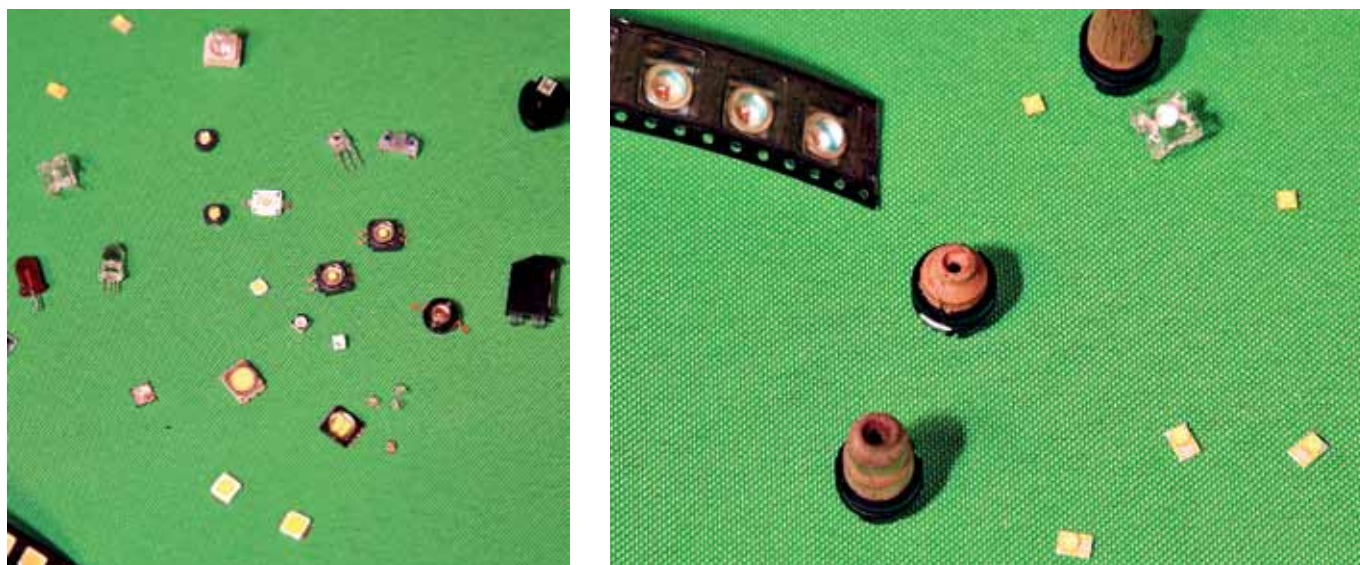


Рис.4. Светодиоды различных типов (слева) и "носики" с наконечниками из мягких пород дерева

В Universal Instruments были разработаны и испытаны специальные типы оснастки для монтажа светодиодов, в частности, и для монтажных головок Fusion FZ7 и FZ30. Выход был найден в том, что ту часть вакуумного захвата, которая служит для поднятия и установки LED, сделали из... дерева мягких пород (рис.4). Получилось, конечно, довольно дорого, но параметр качества монтажа удается держать на уровне 100 DPM (99,99% годных), а хрупкая силиконовая линза не испытывает никаких деформаций, так что неожиданное на первый взгляд решение вполне себя окупает.

Стоит отметить тот факт, что монтажное оборудование Universal Instruments рекомендуется для использования такими производителями светодиодов, как Cree, Nichia, Philips, Osram и Sharp.

Следующей группой являются механические захваты с пневматическим приводом (grippers), которые в отрасли так и принято называть – "грипперы" (рис.5). Такие захваты используются для компонентов, которые сложно или невозможно поднять вакуумом за их плоскую поверхность. Автомат, вооруженный "гриппером", берет компонент за его боковые поверхности для надежного видеораспознавания и дальнейшей установки.

Для размещения захватов станки оборудуются станциями смены захватов (в машину их может быть установлено две), поставляемыми в двух вариантах. Первый вариант предназначен только для стандартных захватов, по диаметру схожих с теми, которые используются с FZ30, и рассчитан на 70 мест (рис.6). Второй вариант имеет 40 мест для стандартных захватов и еще 8 мест – для "грипперов" или иных захватов с диаметром до 20 мм. Это повышает гибкость станка при работе с разными типами захватов. В отличие от турельной головы, которая набирает захваты один раз перед началом монтажа, FZ7 может быть запрограммирована на смену захватов во время сборки – не всегда удается подобрать такой их комплект, который "закрывал" бы все разнообразие крупных и сложных компонентов, предназначенных для установки в изделие.



Рис.5. Захват "гриппер" под один тип компонента (слева); захват "гриппер" с комплектом сменного инструмента для различных видов нестандартных компонентов



Рис.6. Устройство смены захватов для головы FZ7 на 70 стандартных мест

ТЯЖЕЛО, ЗАТО ТОЧНО И НАДОЛГО

Станки серии Fusion – самые тяжелые в своем классе, что обусловлено прежде всего весом станины. Это принципиальный подход компании Universal Instruments: массивная, крепкая станина с огромным запасом усталостной прочности, обеспечивающая жесткость всей конструкции и гашение вибраций, нужна для достижения текущей и долговременной точности и повторяемости процесса позиционирования.

Другим важнейшим элементом обеспечения точности и повторяемости является система позиционирования голов. Universal Instruments – единственный производитель сборочных автоматов, который делает ее сам. Для перемещения по осям X и Y в станках серии Fusion применены приводы того же типа, что и в голове FZ30 – на основе бесконтактных шаговых двигателей

с переменным магнитным сопротивлением (VRM); только в данном случае они выполнены как линейные (рис.7). Соответственно, эти приводы имеют такие же преимущества: они не требуют регулировки, немагнитны, термически стабильны и практически не изнашиваются, так что время, необходимое для их технического обслуживания, не превышает 60 мин в год. Это техническое решение проверено

временем в нескольких поколениях машин – за 20 лет потребителям поставлены тысячи автоматов с такой системой.

Обратная связь по положению в приводах голов осуществляется при помощи оптических энкодеров с разрешением 1 мкм. Ускорение голов программно ограничено величиной 60% от того максимума, на который способны приводы. Это, во-первых, снижает усилия реакции на балки и станину, конструкция не разбалтывается со временем; во-вторых, обеспечивает плавность движения голов, детальную предсказуемость динамики набора скорости и торможения. Однако даже при таком ограничении ускорение, развиваемое головами, достаточно велико – до 2,5 g. В подавляющем большинстве случаев дополнительно уменьшать скорость движения голов – а это часто применяется для



Рис.7. Неподвижная стальная балка является статором линейного мотора VRM (слева); с тыльной, по отношению к голове, стороны хорошо видны подвижные части VRM – каретки с индукционными катушками, выполняющими функцию его "роторов" (справа)

восстановления точности в станках других производителей – не требуется; впрочем, такая возможность предусмотрена.

В станках многих производителей камера периодически подходит к реперам на станине и корректирует данные, используемые при определении своего местоположения; таким образом подтверждается факт, что у них существуют потери точности, которые нужно программно компенсировать. В машинах Fuzion на станине реперов нет: технические решения по приводам и станине, принятые Universal Instruments, исключают такую необходимость.

В результате станки Fuzion имеют очень высокие характеристики точности позиционирования. Быстродействующая голова FZ30 обеспечивает точность установки, согласно IPC9850, 34 мкм при 1,00 Срк и 45 мкм при 1,33 Срк. Индекс 1,00 Срк задает величину вероятности установки компонента с заявленной точностью (в нашем случае – 34 мкм), совпадающую с широко применяемым критерием 3σ , то есть равную 99,73%. Переходя к конкретике данной статьи, можно сказать, что голова FZ30 из тысячи компонентов всего лишь три установит с погрешностью, превышающей 34 мкм. Однако индекс Срк вообще не тождествен понятию σ ; запись "45 мкм для 1,33 Срк" говорит о том, что за пределы 45-мм допуска попадут 68 компонентов из миллиона или, выражаясь языком стандарта IPC9850 – 68 ppm. Кстати, компания Universal Instruments принадлежит к очень небольшому числу производителей монтажного оборудования, которые указывают в описании своих изделий значение 1,33 Срк.

Голова FZ7, которая в паре голов платформы Fuzion специализируется не только на универсальности, но и на точности, характеризуется цифрами 35 мкм для 1,33 Срк, 25 мкм для 1,00 Срк. Что касается долговременности поддержания заявленных параметров точности позиционирования, то компания дает на них пятилетнюю гарантию.

ПИНЫ НИЖНЕЙ ПОДДЕРЖКИ МАШИНА РАССТАВЛЯЕТ САМА...

В системе поддержки плат автоматов серии Fuzion применяются немагнитные поддерживающие штыри, причем устанавливаются они автоматически, под управлением программы. В плите основания устройства поддержки платы насверлены отверстия для штырей, а в рабочей зоне размещен магазин с ними. В комплекте

имеются обычные, жесткие штыри, а также мягкие настраиваемые штыри и блоки так называемых "пенных пальцев". Все это образует инструментарий для минимизации эффектов, обусловленных гибкостью платы. В сочетании же с автокомпенсацией перепадов высоты, обеспечиваемой датчиком касания головы FZ30 – мы писали о нем в первой части статьи, – такая система поддержки надежно обеспечивает монтаж на платы с определенной степенью кризисности, возможной при некачественном изготовлении или неправильном хранении платы (в таких случаях специалисты-практики говорят – "пропеллер").

Перед запуском партии монтажная голова при помощи специального захвата сначала вынимает штыри, оставшиеся от предыдущего изделия, возвращая их на свои места в магазине. Затем производится расстановка штырей в соответствии с программой на новое изделие. Верхняя камера проверяет правильность положения каждого штыря после его установки, а по окончании процесса производит общую инспекцию всей конфигурации системы поддержки. Программа формирует для оператора графический экран, где видно местоположение каждого штыря; в случае необходимости он может доустановить недостающие штыри вручную.

Компания приняла меры для снижения времени переноса плат, введя возможность буферизации одной во время сборки другой. Платы могут перемещаться как слева направо, так и справа налево. Поддерживается ширина платы от 50 до 610 мм, длина – до 1300 мм; правда, при такой длине буферизация невозможна. Максимальный вес платы – 5 кг.

НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПИТАТЕЛЕЙ – iOP

Вместе с платформой Fuzion компания Universal Instruments выпустила новые питатели типа iOP, при разработке которых в первую очередь преследовалась цель ускорения переналадки монтажных линий и перезарядки самих питателей. iOP на 30% меньше по длине, чем прежние аналогичные устройства, и на 25% легче их. Новый конструктив обладает многократно повышенной жесткостью, что способствует уменьшению ошибок при взятии компонента из ленты и существенно увеличивает наработку на отказ.

Катушка с лентой, содержащей компоненты, может быть либо установлена на съемный держатель, который потом закрепляется на питателе, либо просто помещена в корзину. Корзина



Рис.8. Питатели ion в одной из широкобазных моделей платформы Fuzion. Питатели расположены в четырех базах (в узкобазные модели устанавливается по две базы на каждой стороне автомата), катушки разного диаметра помещены в корзины баз

является частью базы для питателей – съемного узла для групповой установки питателей емкостью 18 слотов (рис.8).

Слоты на всех поколениях сборочных автоматов имеют ширину 25,4 мм (1 дюйм), то есть они способны принять две 8-мм ленты. Поэтому

компания уже около 10 лет делает 8-мм питатели двухканальными (рис.9). Такими же выполнены питатели ion – каждый оперирует с двумя лентами. Каналы независимые: в них можно заряжать разные компоненты, скорость и шаг подачи (выбирается один из трех вариантов шага) также



Рис.9. Питатели ion. Хорошо видны 8-, 12- и 16-мм ленты, а также возможность использовать для 8-мм ленты лишь один из двух каналов питателя

могут быть различными. Важно отметить, что 8-мм питатели ion универсальны, они работают с компонентами размером от 01005 до 1210; такая возможность реализована далеко не всеми производителями подобного оборудования. Питатели для более широких лент перенастраиваемые: поворот единственной детали превращает 12-мм питатель в 16-мм и наоборот. Все это важно для потребителя, так как позволяет сократить общее количество приобретаемых питателей и, соответственно, сэкономить средства.

Уместно заметить, что компетентность Universal Instruments в производстве различных видов питателей для подачи компонентов в монтажные автоматы настолько велика, что ее предприятие по производству этой оснастки, которое называется Hover Davis (г. Рочестер, штат Нью-Йорк, США), поставляет ее не только самой фирме Universal, но и ряду ее прямых конкурентов в части производства машин для поверхностного монтажа.

В питателях ion значительно упрощен процесс зарядки (рис.10). Запирающий механизм выполнен "гладким", лента просто протягивается поверх дорожки, без необходимости формирования и заправки полупетель. Время зарядки, таким образом, уменьшается вдвое, обученный специалист может произвести ее за 15 с, что дает возможность заменить катушку, не снимая питатель с машины; последняя, конечно, на это время должна быть поставлена на паузу. Верхнее расположение ленты облегчает и ускоряет операцию ее сращивания, и в совокупности эти два фактора позволяют не останавливать работу при монтаже больших партий изделий. Еще одним преимуществом питателей ion является датчик, определяющий наличие ленты и факт ее сращивания – это полезно при внедрении автоматизированного учета компонентов, системы прослеживаемости и других задач управления линией и производством в целом.

Монтажные автоматы Fuzion всегда поставляются в комплекте со сменными базами для питателей. Конечно, питатель можно просто установить в станок, а также перезарядить, не снимая с машины. Однако в качестве приоритетного варианта предлагается групповая замена питателей, поскольку одним из главных преимуществ, заложенных компанией Universal Instruments в концепцию платформы Fuzion, является возможность быстрой переналадки линии.

База не имеет собственного индивидуального идентификатора, это просто конструктив,

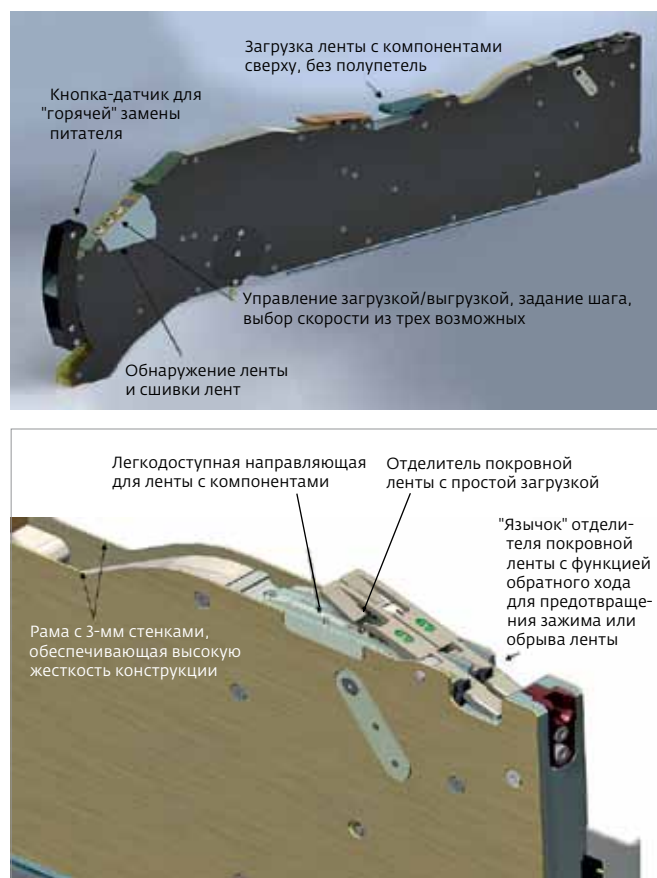


Рис.10. Особенности конструкции питателей ion

в котором набирается комплект питателей. Для организации сборочного процесса используется индивидуальный идентификатор питателя, к которому путем считывания штрих-кода на ленте привязывается содержащийся в нем компонент. Данные поступают в библиотеку питателей, где они становятся доступными для управляющей программы.

Эта программа – одна на все автоматы, она работает в сервере управления линией. Перед началом монтажа программа считывает идентификаторы питателей и таким образом "узнает" распределение компонентов по питателям и, следовательно, по слотам всех монтажных автоматов линии. Таким образом, реализуется максимально гибкий способ установки питателей. Он может быть полезен в целом ряде случаев. Например, когда возникает необходимость выполнить небольшой по номенклатуре и объему заказ, не разбирая конфигурацию питателей, собранную для основного изделия, идущего большой серией. Если для сборки данного изделия принята гибкая (произвольная) установка питателей, то этого уже достаточно. В том случае, если принята



Рис.11. Графический интерфейс управления сменой баз питателей

фиксированная установка, то программа еще и верифицирует местоположение питателей на соответствие заданному.

Для заблаговременной групповой зарядки комплектов питателей компания разработала станцию удаленной подготовки. Основу ее составляет та же съемная база для питателей. Питатели устанавливаются в нее, заряжаются, проверяются; в простейшем случае работа и контроль производятся по обычным технологическим картам. В более продвинутом варианте рабочее место комплектуется компьютером и штрих-кодным сканером. Бумажная технологическая карта заменяется инструкциями на экране компьютера, становятся доступными некоторые дополнительные проверки – например, контроль позиций питателей в базе. Такая конфигурация называется уже станцией удаленной переналадки. Появляется ряд возможностей для расширения автоматизации. Подключенная к серверу управления линией, станция переналадки получает инструкции по подготовке баз для очередных изделий уже от него. Еще более высокий уровень интеграции – включение станции в общую локальную сеть управления производством, где к ее данным получают доступ в реальном времени все заинтересованные специалисты предприятия.

Подготовленная база снимается со станции, для чего под нее подводится транспортная тележка. Далее базу можно перевезти в место хранения, укомплектованное специальными столами, или сразу поставить в автомат, тележка при этом освобождается. Universal Instruments не пошла, как некоторые другие производители, по пути

совмещения базы и тележки, так как такой агрегат стоит дороже, а компания стремится идти по пути минимизации затрат пользователя в тех случаях, когда это не противоречит функциональности. Самая минимальная конфигурация оборудования Fuzion требует наличия пяти баз для питателей, в этом случае вряд ли понадобится более одной тележки. Если же установлено несколько станков, то количество сменных баз увеличивается многократно, а тележек достаточно всего двух – по одной на каждую сторону длинной линии.

Замена базы в автомате не требует открытия крышек станка. Заменять можно "на лету", не останавливая линию, а лишь поставив на паузу нужную машину. Другие станки в линии могут продолжать сборку. Перед отстыковкой базы на экране оператора надо нажать кнопку, инициирующую передвижение ленты во всех питателях базы на шаг назад. Конечно, в каждый данный момент снимать можно не любую из баз; для корректной замены управляющая программа формирует простой графический интерфейс (рис.11). Красный цвет присваивается базе, которая в данный момент находится в активном использовании; ее трогать нельзя. Черным цветом маркируются несъемные базы. Зеленый цвет показывает, что база может быть снята.

Станок не запустится, пока не поставлена новая база вместо снятой, причем управляющая программа "чувствует" этот момент. Для достижения полной готовности к продолжению работы оператору надо лишь снова нажать на экране кнопку, которая передвинет ленту на шаг вперед, и снять машину с паузы.

В последнем поколении Fuzion, именуемом поколением "B", базы оборудованы встроенными устройствами обрезки лент, при этом приводы этих устройств крепятся на станке. Устройство обрезки не только разрезает использованные ленты, но и плотно укладывает обрезки. Несмотря на кажущуюся вторичность своей функции, обрезчик заметно облегчает работу оператора и существенно сокращает потери времени на удаление отходов. Базы поколений "A" и "B" совместимы друг с другом и могут, если требуется, стоять на одном станке, но старые базы не будут использовать привод устройства обрезки.

Под стать всем этим техническим новшествам и программное обеспечение для управления этими платформами, которое производитель так и назвал – Fuzion. Следующую часть статьи мы начнем с описания новейших функций ПО Fuzion. ●