



## АВТОМАТ КОМПЛЕКСНОГО МОНТАЖА КОМПОНЕНТОВ

Евгений Липкин  
Александр Антонов  
lines@ostec-group.ru

Полная автоматизация установки радиоэлектронных компонентов при сборке печатных узлов для техники специального назначения достаточно долгое время считалась невозможной. Это было обусловлено в первую очередь тем, что доля поверхностно-монтируемых компонентов была невысока, и всегда присутствовали компоненты, монтируемые в отверстия, а также нестандартные компоненты, для монтажа которых не существовало эффективного решения по автоматизации. К таким проблемным компонентам относятся, например, разъемы, радиочастотные экраны, габаритные компоненты и т.д. (рис. 1).



Рис. 1 Компоненты, ранее не подлежащие автоматическому монтажу

Все это приводило к тому, что автоматизировалась лишь часть технологических операций, но при этом сохранялась высокая доля ручного монтажа. В итоге, высокая трудоемкость и нестабильность качества «ручных» операций сказывались на себестоимости сборки. Сегодня существует решение, позволяющее существенно сократить долю операций, выполняемых вручную. Это новый автомат установки компонентов SM-451, впервые представленный в России на выставке ЭлектронТехЭкспо-2012. Данный автомат позволяет решать задачи монтажа нестандартных компонентов и компонентов, монтируемых в отверстия, что, главным образом, возможно благодаря нескольким принципиальным конструктивным особенностям автомата. Схема ключевых отличий автомата SM-451 от автоматов установки поверхностно-монтируемых компонентов приведена на диаграмме 1. Давайте рассмотрим все по порядку.

### ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ЗАХВАТОВ

Механические захваты (рис. 2) позволяют автоматизировать ручной труд при установке компонентов. В отличие от человека автомат обеспечивает более высокую точность и повторяемость позиционирования компонента, а также регулирует необходимое усилие прижима при установке компонента. Это, в итоге, сказывается на качестве и, как было сказано ранее, снижает трудоемкость монтажа компонентов. Механический захват также позволяет устанавливать в автоматическом режиме компоненты, не подлежащие установке с помощью вакуумных захватов и относительно тяжелые компоненты. А таких компонентов при производстве техники специального назначения встречается множество. Например, такие, у которых на верхней плоскости отсутствует плоский участок для возможности захвата и установки их вакуумным захватом.

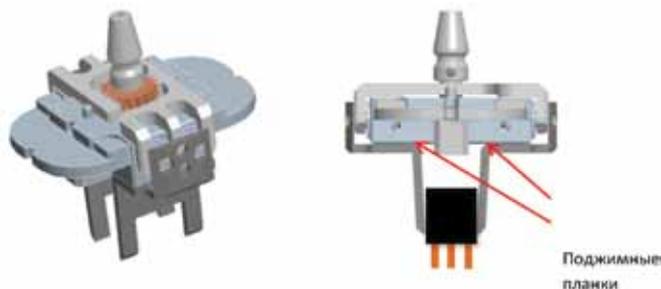


Рис. 2 Механические захваты автомата SM-451

## ПРОГРАММИРУЕМОЕ УСИЛИЕ УСТАНОВКИ

Установочные головки автомата SM-451 позволяют регулировать усилие установки компонентов, что крайне важно при работе с компонентами, чувствительными к механическому воздействию, и со штыревыми компонентами, которые требуют повышенного усилия при установке. Необходимое усилие легко может быть задано в программном обеспечении автомата при описании компонента, подлежащего установке (рис. 5). Усилие установки может лежать в пределах от 0,1 до 50 Н.



**Установочная головка**

- Возможность использования специальных механических захватов
- Возможность автоматической смены механических захватов в процессе сборки
- Программируемое усилие установки (от 0,1 до 50 Н)
- Возможность установки компонентов высотой до 28 мм
- Высокая точность установки компонентов (до 25 мкм)



**Система технического зрения**

- Эффективное распознавание выводов штыревых компонентов
- Функция контроля деформации выводов штыревых компонентов



**Программное обеспечение**

- Функция автоматического распознавания нестандартных компонентов (POLYGON)

Диаграмма 1 Ключевые отличия автомата SM-451 от обычных автоматов установки компонентов поверхностного монтажа

## ВОЗМОЖНОСТЬ СМЕНЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ЗАХВАТОВ В ПРОЦЕССЕ СБОРКИ

Для обеспечения максимальной функциональности в автомате SM-451 предусмотрена возможность смены на лету не только вакуумных, но и механических захватов. Это позволяет использовать несколько типов механических захватов в одном цикле сборки при необходимости захвата компонентов различного размера. Такая возможность появилась, во-первых, благодаря конструкции механического захвата, позволяющей подстраивать его под компоненты различного размера, во-вторых, благодаря специальной конструкции станции смены захватов, имеющей несколько посадочных мест (рис. 4).

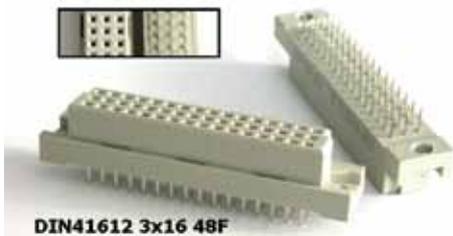


Рис. 3 Разъемы типа DIN, подлежащие установке механическим захватом

## ВОЗМОЖНОСТЬ УСТАНОВКИ ВЫСОКИХ КОМПОНЕНТОВ

Конструктивные изменения установочного модуля обеспечивают установку компонентов высотой до 28 мм. Таким образом, становится возможной установка достаточно высоких штыревых трансформаторов или электромагнитных реле (рис. 6). Все это существенно увеличивает функциональность оборудования, возможности автоматизации и исключает трудоемкие ручные операции по монтажу штыревых компонентов на предприятии.

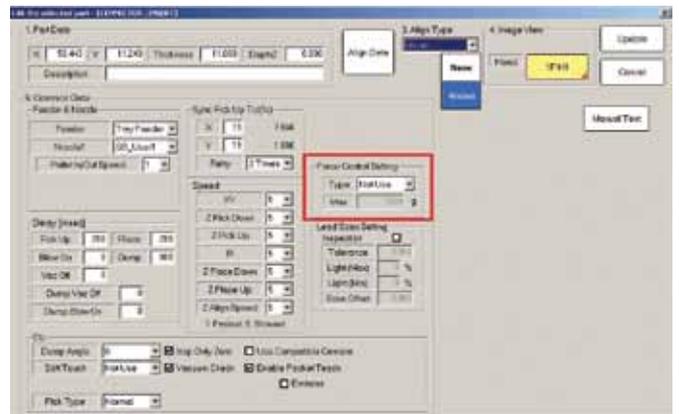


Рис. 5 Ввод необходимого значения усилия установки



Рис. 4 Автоматическая станция смены механических захватов (Grippers) с гнездами под них

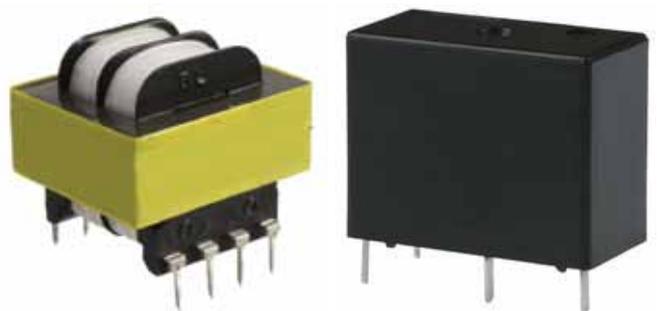


Рис. 6 Примеры компонентов, монтируемых с помощью SM-451

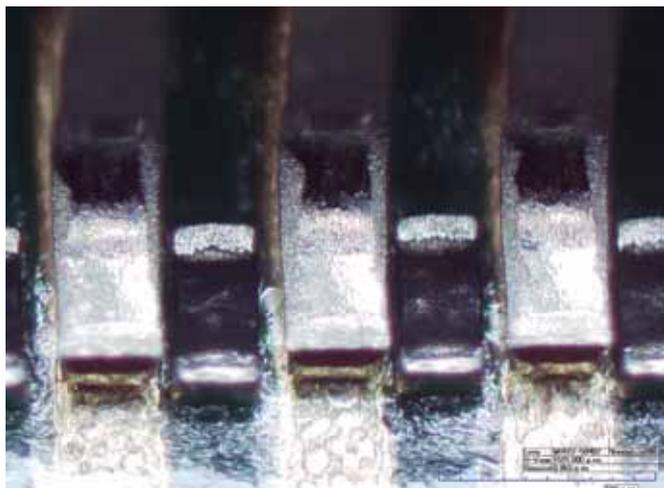


Рис. 7 Компоненты 01005 между выводами QFP

### ВЫСОКАЯ ТОЧНОСТЬ УСТАНОВКИ КОМПОНЕНТОВ

После распознавания штырьевых и поверхностно-монтажных компонентов требуется их точное позиционирование и установка на печатную плату. Автомат SM451 позволяет устанавливать компоненты с точностью до 25 мкм, благодаря чему можно устанавливать в одном цикле как крупногабаритные компоненты с пониженными требованиями к точности установки, так и малогабаритные чип-компоненты и микросхемы с малым шагом выводов. В частности, на выставке ЭлектроТехЭкспо-2012 демонстрировалась установка на SM-451 компонентов типоразмера 01005 между выводами компонента QFP с шагом выводов 0,5 мм (рис. 7).

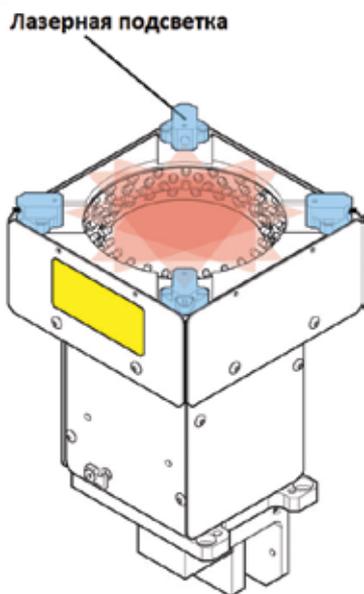


Рис. 8 Камера для распознавания компонентов с лазерной подсветкой



Рис. 9 Выводы штырьевого компонента при штатной подсветке (слева) и лазерной подсветке (справа)



Рис. 10 Камера центрирования с функцией контроля плоскостности выводов

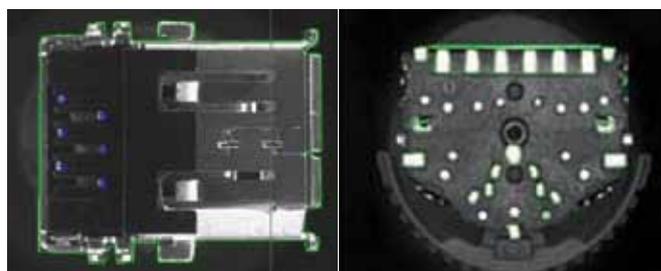


Рис. 11 Описание компонента сложной формы с помощью функции Polygon

### ФУНКЦИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ВЫВОДОВ ШТЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ

Для того чтобы эффективно работать со штырьковыми компонентами в автомате SM-451 предусмотрена возможность распознавания выводов таких компонентов. Достигается это благодаря наличию в установке, помимо штатной системы технического зрения в виде фиксированной камеры с большим полем обзора, дополнительной лазерной подсветки (рис. 8). Лазерный плоский луч позволяет эффективно подсвечивать кончики выводов штырьевых компонентов и «выделять» их на фоне корпуса, что упрощает распознавание встроенными программными алгоритмами автомата (рис. 9).

### КОНТРОЛЬ ДЕФОРМАЦИИ ВЫВОДОВ ШТЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ

В автомате SM-451 реализован контроль деформации выводов штырьевых компонентов. Если у компонента подогнут один или несколько выводов, то данный компонент будет забракован, и автомат переместит его обратно в поддон или выбросит в зависимости от того, как это было прописано в программе.

Все это возможно благодаря специальной конструкции камер системы технического зрения с системой боковой подсветки (рис. 10), а программное обеспечение, в свою очередь, анализирует и отбраковывает деформированные компоненты.

Для ряда поверхностно-монтажных компонентов крайне важно обеспечить контроль плоскостности выводов. В частности, это относится к таким компонентам, как микросхемы QFP с малым шагом выводов 0,4 мм и поверхностно-монтажным разъемам. Эти компоненты из-за малого шага и ширины вывода подвержены деформации и требуют деликатного обращения. Однако если такой компонент не будет отбракован на этапе установки компонентов, то после оплавления паяльной пасты наличие деформированных выводов самым негативным образом скажется на качестве пайки и функционировании готового изделия. Таким образом, исключается возможность установки компонента с подогнутыми деформированными выводами, что в дальнейшем привело бы к неработоспособности изделия и дополнительным временным и денежным затратам на его ремонт.



Рис. 12 Классический технологический процесс сборки



Рис. 13 Изменения в технологическом процессе после внедрения автомата SM-451

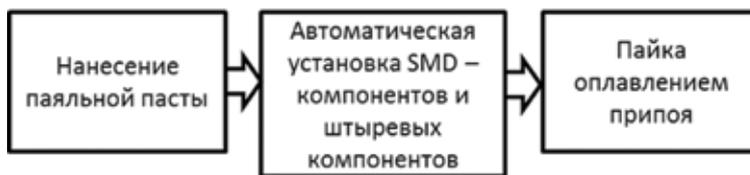


Рис. 14 Оптимальный процесс сборки



Рис. 15 Процесс установки деталей Lego с помощью SM451

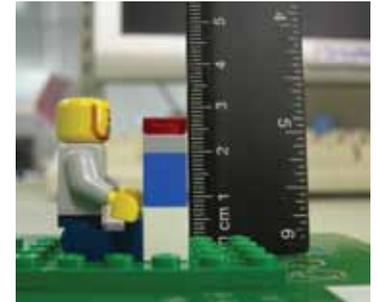


Рис. 16 Высота устанавливаемых компонентов

## ФУНКЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ КОМПОНЕНТОВ (POLYGON)

Разумеется, автомат SM-451, как и другие установщики серии SM-4xx, оснащен функцией POLYGON. Данная функция позволяет упростить процесс описания компонентов сложной формы, нестандартных микросхем и разъемов. Становится возможным описание компонентов не только по выводам, как это делается традиционно, но и использование для описания контуров компонента (рис. 11). При этом обучение производится автоматически, упрощая работу оператора и сокращая трудозатраты.

Функция POLYGON позволяет полностью автоматизировать процесс программирования новых корпусов, даже самых нестандартных, благодаря встроенным алгоритмам искусственного интеллекта. Существенная экономия по времени составления рабочих программ достигается даже в случае большого количества новых и нестандартных компонентов. А подобная ситуация часто встречается в условиях большой номенклатуры изделий, характерной для предприятий, производящих спецтехнику.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Внедрение автомата SM-451 позволит изменить для ряда изделий технологический процесс сборки плат и снизить себестоимость изделий. Для того чтобы это проиллюстрировать, рассмотрим схему классического процесса сборки (на примере одностороннего печатного узла, рис. 12).

После внедрения автомата SM-451 можно получить следующие изменения технологического процесса (рис. 13):

Во-первых, и самое главное, существенно снизится трудоемкость по установке и пайке штыревых компонентов. Это очень важно, так как мы оптимизируем наиболее трудоемкие и дорогостоящие (с точки зрения себестоимости) операции. Во-вторых, мы можем полностью отказаться от операции ручной установки компонентов перед пайкой в печи оплавления благодаря встроенным возможностям по распознаванию и установке нестандартных компонентов.

Незначительное увеличение цикла сборки на автомате установки компонентов, которое вызвано установкой штыревых и нестандартных компонентов, является несущественным минусом и с запасом перекрывается всеми плюсами данного способа автоматизации сборки.

В случае же, если изделия разработаны с учетом возможностей автомата, то можно получить оптимальный процесс сборки (рис. 14) без ручных операций и волновой или селективной пайки.

## УСТАНОВКА ЛЮБЫХ КОМПОНЕНТОВ

Благодаря возможностям автомата по распознаванию и установке нестандартных компонентов с помощью SM451 становится возможной установка и сборка даже компонентов, вовсе не относящихся к электронным. В качестве примера на выставке ЭлектронТехЭкспо-2012 была продемонстрирована установка и сборка деталей конструктора Lego (рис. 15). При этом, ввиду отсутствия выводов у данных деталей, распознавание компонентов производилось по их контурам с использованием функции Polygon. Также ввиду сложности стабильного захвата таких компонентов вакуумными насадками для их установки использовались механические захваты (Grippers) с использованием функции усилия прижима для полной качественной состыковки деталей Lego.

Одним из компонентов, подлежащих установке, был человек Lego высотой примерно 30 мм (рис. 16). При сборке всех деталей автомат SM-451 показал высокую стабильность захвата, распознавания и установки, что говорит о его больших возможностях по установке нестандартных компонентов даже не относящихся к электронным. Автоматизация монтажа более широкого диапазона компонентов положительно сказывается на степени автоматизации, трудоемкости сборки изделий, качестве и себестоимости конечной продукции. Можно констатировать, что автомат SM-451 позволяет обеспечить уникальную для данного класса автоматов функциональность и гибкость, необходимую предприятиям, производящим сложную технику и работающим с большой номенклатурой изделий. ■■