

ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

Владимир Ланин
vlanin@bsuir.by

Королёв Артём

Оснащение манипуляторов для поверхностного монтажа термофеном в опытном и мелкосерийном производстве может обеспечить приемлемую точность позиционирования и повысить производительность труда при сборке электронных модулей.

Тенденции современной электронной промышленности к уменьшению габаритных размеров плат и увеличению плотности монтажа повышают требования к оборудованию, предназначенному для сборки и ремонта электронных изделий. Уменьшение размеров электронных компонентов и повышение плотности монтажа в электронных модулях создало проблемы для мелкосерийных производителей. Самое бюджетное решение на этих условиях – применение манипуляторов установки компонентов. Это первый шаг на пути освоения технологии поверхностного монтажа (SMT). Такое оборудование позволяет при минимальных инвестициях повысить качество выпускаемой продукции и снизить потребности в высококвалифицированных монтажниках.

Манипуляторы принципиально отличаются от автоматов отсутствием привода установочной головки – перемещение осуществляет оператор. Автоматизация процесса заключается в запоминании управляющим устройством координат установки каждого компонента и в блокировке перемещения манипулятора в заданных точках. Такой принцип установки удобен в мелкосерийном производстве и в лабораторных условиях. Производительность установки компонентов при сборке электронных модулей с поверхностным монтажом (рис. 1) зависит от числа выполняемых операций на манипуляторе: нанесение паяльной пасты, установка компонентов, пайка горячим воздухом и т.д. [1].

Ручные манипуляторы для установки компонентов на печатную плату серии ХМР-300 американской фирмы Voкар (рис. 2) обеспечивают быструю установку поверхностно монтируемых компонентов с ленточных питателей и лотков для россыпи. Захват, удержание, ориентация компонента в пространстве и установка на плату осуществляется с помощью вакуумного захвата. Встроенная система автоматического управления вакуумом обеспечивает его

включение при захвате и выключение при установке, что существенно повышает производительность манипулятора.

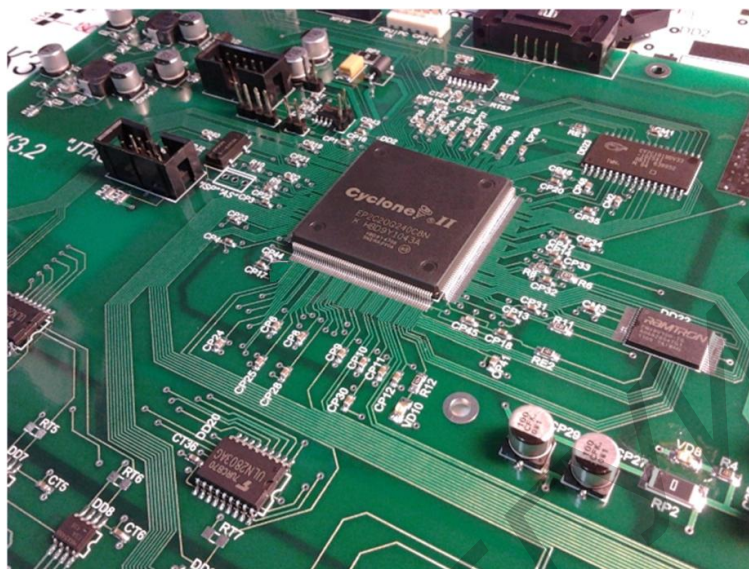


Рис. 1. Электронный модуль с поверхностным монтажом



Рис. 2. Внешний вид манипулятора XMP-300

Базовая система XMP в зависимости от применяемых опций может иметь: ленточные питатели, пневматический или цифровой дозатор паяльной пасты/клея, а также видеосистему для вывода изображения компонентов на монитор [3].

Модульный манипулятор установки компонентов с дозатором LM 901 компании FRITSCH (рис. 3) предназначен для ручной установки SMD компонентов на поверхность печатных плат по технологии поверхностного монтажа. Манипулятор имеет встроенный дозатор для нанесения паяльной пасты, клея и других материалов. Наличие видеокamеры и программного обес-

печения дают возможность работать в полуавтоматическом режиме с производительностью до 600 комп/час с максимальным размером печатных плат до 440×245мм.



Рис. 3. Манипулятор поверхностного монтажа LM 901

Манипулятор MP 904 FRITSCHE (рис. 4) спроектирован для прецизионной установки электронных компонентов Fine-Pitch: BGA, QFP на печатные платы.



Рис. 4. Манипулятор поверхностного монтажа MP 904

Система технического зрения на базе видеокамеры, прецизионный стол и автоматическая система установки обеспечивают высокую точность сборки. Оборудование может работать как в режиме обычного манипулятора, так и в режиме точной установки SMD и рекомендуется для производства прототипов и проведения ремонтных работ.

Настольный манипулятор Expert-FP (рис. 5) обеспечивает надежную, быструю и аккуратную установку поверхностно-монтируемых изделий электронной техники на печатную плату методом переноса вакуумным пинцетом от питателей. Он идеально подходит для сборки малых партий изделий, доустановки компонентов и изготовления макетных образцов.

Манипулятор Exper-FP оснащен установочными головками с воздушным демпфером. Благодаря легко контролируемому усилию при установке компонентов и отсутствию усталости оператора точность сохраняется на протяжении всего периода работы. Встроенный контроллер отслеживает параметры процесса и отображает информацию на ЖК-дисплее.

Точная установка компонентов с мелким шагом при помощи камеры, смонтированной сбоку установочной головки, практически невозможна из-за погрешности параллакса. Опциональная оптическая призма для систем Expert полностью исключает этот эффект. Все четыре стороны компонента видны без искажений при вертикальном обзоре сверху. Эта призма, автоматическое опускание и стопорный механизм насадки обеспечивают все условия для установки компонентов с мелким шагом.



Рис. 5. Манипулятор Expert-FP

Установка компонентов BGA, CSP или Flip Chip также требует прецизионного оптического совмещения. Встраиваемый манипулятор UP3100 превращает Expert в полностью законченное функциональное рабочее место с возможностью установки упомянутых микросхем. UP3100 включает оптическую призму, которая передает наложенные друг на друга изображения выводов микросхемы и контактных площадок платы перед установкой

на экран монитора. Совмещая эти изображения, оператор добивается последующей точной установки сложных микросхем на платы.

Таким образом, манипулятор Expert-FP, оснащенный дополнительным модулем UP3100, превращается в полностью завершенное рабочее место, на котором оператор может выполнять сборку электронных модулей сложной конструкции, в том числе с микросхемами QFP с шагом 0,3 мм и BGA в условиях мелкосерийного и опытного производства. В табл. 1 приведены технические характеристики манипуляторов для поверхностного монтажа в мелкосерийном производстве.

Таблица 1. Технические характеристики манипуляторов

Модель	XMP-300 (США)	ЭМ-4725 (Беларусь)	LM 901 FRITSCH	Expert-FP (Швейцария)
Габариты, мм	670x730x310	740x600x300		750x715x 310
Максимальные размеры платы, мм	450x340	250x350	440x250	410 × 246
Производительность, комп/час	500	400–500	500-600	400-600
Максимальная потребляемая мощность, кВт	0,3	0,2		0,4
Шаг выводов, мм	0,5	0,4	0,5	0,4
Программируемый дозатор	+	–	+	+
Дополнительные опции	Питатели, цифровой дозатор	Монитор, питатели, дозатор, термофен	Питатели, цифровой дозатор	Монитор, дозатор, питатели

Манипулятор ЭМ-4725 ОАО «Планар-СО» (Беларусь) (рис. 6) предназначен для монтажа на поверхность печатных плат SMD-конденсаторов и резисторов, транзисторов в корпусах типа SOT, интегральных микросхем и других элементов, нанесения припойной пасты или клея при помощи дозатора [4]. Манипулятор состоит из следующих составных частей: вакуумного пинцета, привода Y вакуумного пинцета, дозатора, панели управления, подлокотника и монитора.



Рис. 6. Манипулятор поверхностного монтажа ЭМ–4725

Манипулятор осуществляет монтаж SMD-элементов на печатную плату в следующей последовательности:

- нанесение паяльной пасты на поверхность платы дозатором;
- установку SMD-элементов на плату вакуумным пинцетом.

В заводскую комплектацию манипулятора ЭМ-4425 входят: блок управления, головка монтажа, оптический датчик, видеокамера, монитор, компрессор, педаль и переключатель. Манипулятор может быть оснащен ленточными, кассетными или карусельными питателями. Ленточные питатели обеспечивают подачу компонентов, упакованных в блистер-ленты, с помощью вращающихся бобин (рис. 7, а).

Кассетные двухъярусные питатели предназначены для хранения на рабочем месте SMD компонентов в обрезках лент. При двухъярусной конфигурации достигается максимальная концентрация различных SMD компонентов на одном рабочем месте (рис. 7, б). Кассетные питатели для обрезков лент устанавливаются на платформу с помощью винтов. На каждой платформе может быть размещено несколько питателей.

Карусельный питатель предназначен для хранения мелких SMD-компонентов в россыпи (рис. 7, в). Карусель смонтирована на шарикоподшипнике и вращается в любом направлении при помощи рукоятки. Вращение карусели в любом направлении обеспечивается рукояткой. В стекле предусмотрена прорезь, через которую оператор имеет доступ к одной из ячеек с SMD.

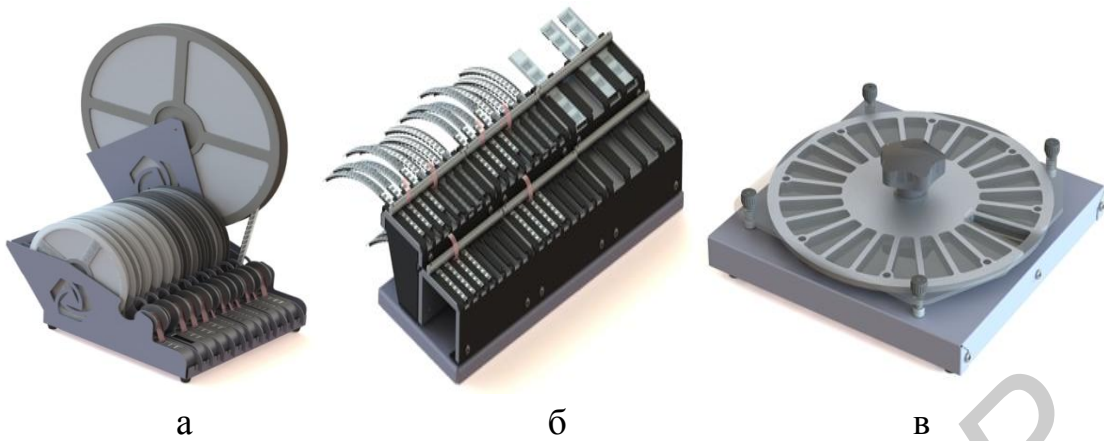


Рис. 7. Питатели для SMD компонентов: а – ленточный, б – кассетный, в – карусельный

Манипулятор ЭМ-4725 может быть дополнен термофеном для пайки, что позволит значительно сократить время сборочно-монтажных работ. На рис. 8 приведена структурная схема модернизированного манипулятора.

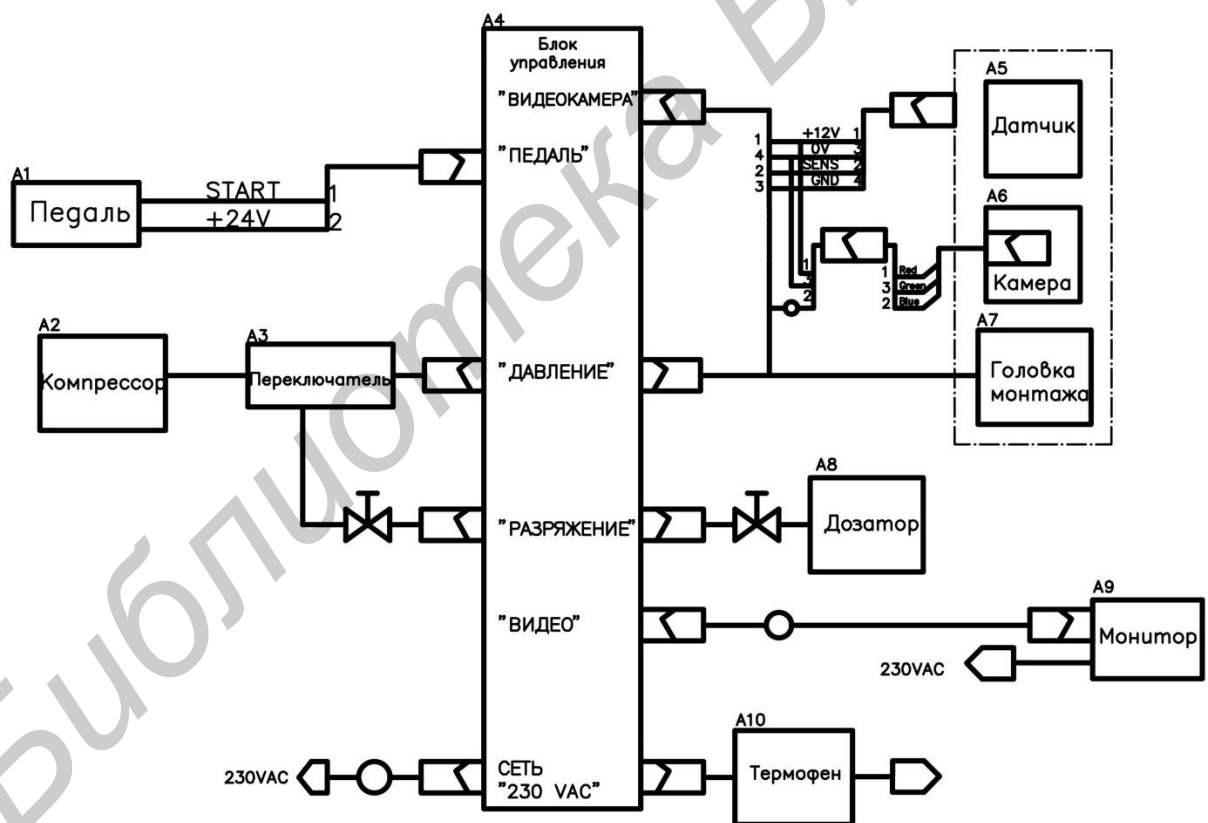


Рис. 8. Схема манипулятора ЭМ-4725

Компрессор обеспечивает подачу воздуха давлением 0,1–0,3 МПа к дозатору или создания разряжения в головке монтажа в зависимости от положения переключателя и педали. Оптический датчик и камера служат для получения изображения и его передачи на видеомонитор. Дозатор осуществляют

ет нанесение паяльной пасты, клея, флюса и других материалов низкой вязкости методом дозирования на печатную плату. Головка монтажа производит захват SMD-компонентов из накопителя и их установку на плату. Включение термофена в манипулятор делает рабочее место полностью укомплектованным и даёт возможность реализовать в непрерывном цикле расширенный объем сборочно-монтажных работ в мелкосерийном производстве.

Для расчета расхода паяльной пасты необходимо рассчитать массу дозируемой пасты в зависимости от времени подачи давления (рис. 9). Зная плотность пасты и рассчитав объём дозированной капли в виде полусферы по формуле:

$$V = \frac{2}{3} \pi r^2 h, \quad (1)$$

где r —радиус капли, h —высоты капли.

можно определить массу дозы пасты (табл. 2)

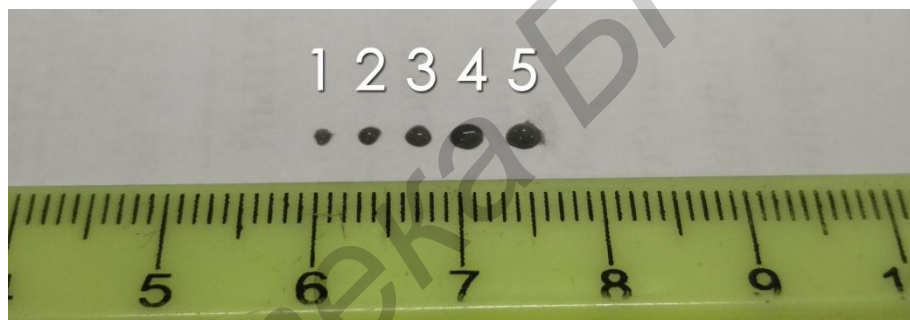


Рис. 9. Дозы пасты в зависимости от времени подачи давления

Таблица 2. Расчётные данные по дозам пасты

№ капли	Время подачи, с.	Объём V , мм ³	Масса, мг.
1	1	0,1	0,87
2	1,5	0,26	2,2
3	2	0,47	3,9
4	2,5	0,76	6,27
5	3	0,92	7,66

Учитывая данные пасты SE5-M951X-9 (Sn63, Pb37) построена зависимость массы дозированной пасты от времени и величины давления (рис. 10). При монтаже компонентов с шагами выводов от 0,4 до 1,0 мм манипулятор обеспечивает точное дозирование паяльных паст через насадки диаметром от 0,15 до 0,25 мм с высокой повторяемостью.

Пайка происходит под воздействием нагретого воздуха термофена, что обуславливает стабильность температуры в зоне нагрева. Рабочая температура термофена регулируется от 100 до 480°C.

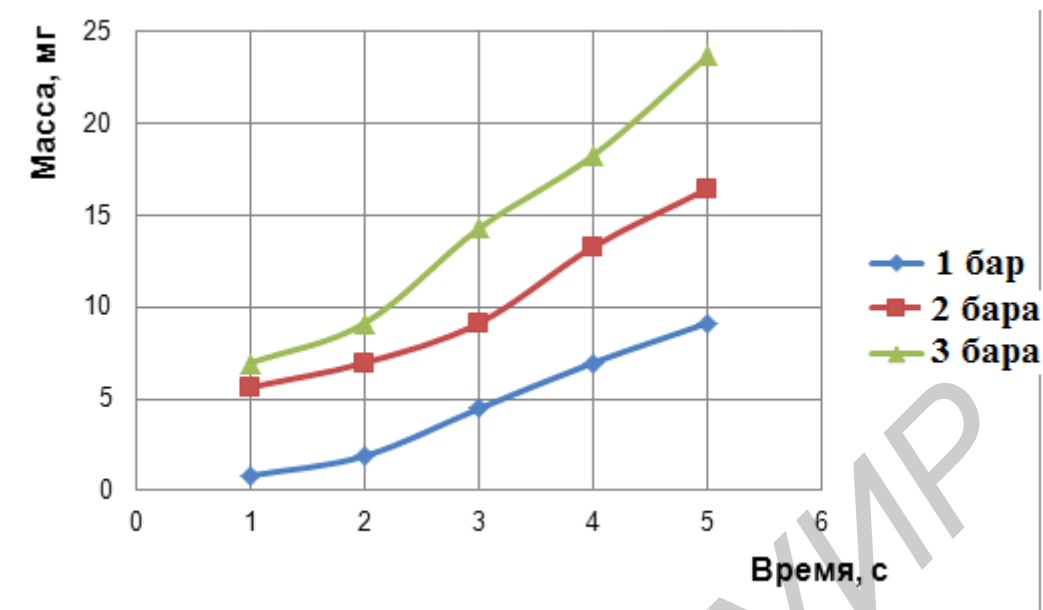


Рис. 10. Зависимости массы дозированной пасты от времени и величины давления

Монтаж SMD на поверхности печатных плат горячим воздухом был всегда процессом эмпирическим. Температура воздуха в месте пайки регулируется двумя параметрами: выставленной мощностью (температурой) нагревательного элемента, через который пропускается воздух, и скоростью воздушного потока. При этом реальная температура воздуха на выходе из сопла выставляется весьма приблизительно – по градуировочным характеристикам для каждой головки.

Расстояние от сопла до паяемого компонента на плате очень критично. Увеличение скорости воздушного потока снижает рассеяние воздуха при выходе из сопла, но требует увеличения температуры нагревателя, так как более высокая скорость прохождения воздуха через нагреватель снижает разогрев воздуха. Переход на пайку бессвинцовыми припоями, температура плавления которых значительно выше, потребовал обратить внимание на реальный контроль разогрева компонентов, температуры в месте пайки и равномерность воздушного потока повышенной температуры.

Для получения температурно-временных диаграмм в автоматическом режиме применен измеритель-ПИД-регулятор ОБЕН ТРМ210, который подключен к переносному компьютеру TOSHIBA посредством встроенного интерфейса RS-485 и автоматического преобразователя интерфейсов USB/RS-485 ОБЕН АС4. На термофене была выставлена температура 250°C. С помощью компьютера в пакете Excel получены температурные профили кон-

векционного нагрева при различных расстояниях от рабочей насадки до поверхности платы (рис. 11).

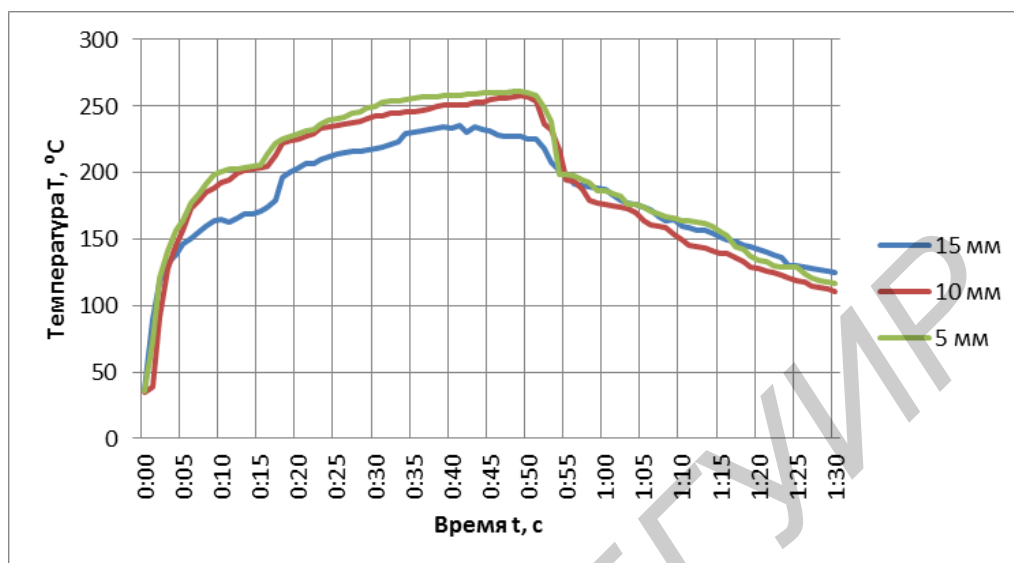


Рис. 11. Зависимости температуры припоя на контактной площадке от времени нагрева и расстояния до платы

Применение простых и недорогих манипуляторов для поверхностного монтажа электронных модулей в опытном и мелкосерийном производстве может обеспечить приемлемую точность позиционирования при сборке и повысить производительность труда. Использование для поверхностного монтажа электронных модулей манипулятора ЭМ–4725 предпочтительно по соотношению цена-качество и возможности оснащения дополнительными опциями.

Литература

1. Leaded Surface Mount Technology (SMT)-Intel // www.intel.com.
2. Медведев А.М. Сборка и монтаж электронных устройств. М: Техносфера, 2007.
3. XMP-302D. <http://www.bokar.com>.
4. Ланин В., Васильев А. Манипуляторы для поверхностного монтажа электронных модулей // Технологии в электронной промышленности. 2015. № 4.