

Высокопроизводительные линии группового поверхностного монтажа семейства M103

*Михаил Володин
Сергей Яринич*

подавляющее большинство современных автоматов поверхностного монтажа использует последовательный способ размещения компонентов на платах электронных модулей. Однако существует альтернативный, технически и коммерчески эффективный путь развития высокопроизводительных сборочных систем.

Активное развитие способа последовательного манипулирования SMD-компонентами в свое время было обусловлено относительно небольшим числом крупносерийных и массовых производств, использующих технологию поверхностного монтажа, и экономической нецелесообразностью реализации многоканального манипулирования для случаев, принципиально требующих применения технического зрения в процессе установки радиоэлементов.

Однако анализ показывает, что на современном витке развития техники число производств, где использование классического для машиностроительных дисциплин способа параллельного манипулирования обрабатываемыми объектами становится более оправданным, быстро растет. Это связано с появлением ряда новых областей с тиражностью однотипных электронных модулей, превышающей миллионы, а зачастую — десятки и сотни миллионов единиц в год. К ним относятся:

- осветительная оптоэлектроника;
- стандартная охранная техника; стандартные устройства автомобильной электроники;
- массовая унифицированная военная электроника (интеллектуальные боеприпасы);
- базовые элементы систем связи, телекоммуникаций, видеонаблюдения и т. п.

Кроме того, резкое удешевление электронной базы делает с каждым днем все более экономически целесообразным как применение распределенных многокамерных систем технического зрения, так и использование многоканальных интеллектуальных систем механического манипулирования SMD-компонентами.

Отмеченные тенденции уже сегодня позволяют производить высокоэффективные в коммерческом отношении системы поверхностного монтажа с параллельным манипулированием, обеспечивающие резкое (в несколько раз) снижение удельной стоимости оборудования на единицу производительности по сравнению с классическими последовательными комплексами.

Далее мы рассмотрим структуру и основные характеристики одного из современных представителей систем параллельного SMD-манипулирования — семейства автоматических сборочных линий M 103 производства фирмы ELM.

Семейство линий М 103 построено по принципу параллельного во времени размещения больших групп или всех используемых в данном электронном модуле SMD-объектов на поверхности группы плат, перемещаемых по прецизионному автоматическому конвейеру.

Фактически М 103 эмулирует наиболее производительный процесс ручной конвейерной сборки, в котором каждый работник устанавливает один или несколько компонентов, после чего изделие передается по конвейеру следующему работнику. При этом технологический процесс выстраивается так, что длительности операций различных работников конвейера мало отличаются друг от друга и определяют время цикла процесса сборки.

Каждый манипулятор в линиях групповой сборки М 103 — эквивалент конвейерного рабочего с практически идеальными характеристиками надежности и повторяемости его действий, работающего почти 24 часа в сутки, без социальных проблем.

Структура типового представителя семейства М 103 — сборочной линии М 1032 — представлена на рис. 1.

Линия М 1032 (рис. 2) построена по модульному принципу. Каждый модуль содержит секцию прецизионного конвейера, позволяющего перемещать группу обрабатываемых плат с заданным шагом S , секцию группового привода сборочных головок, подсистему контроля процесса сборки и модульное основание линии. Кроме этого, в состав линии М 1032 входят управляющий компьютер и агрегат энергообеспечения, служащий для формирования необходимых параметров питающих элементов системы управления М 1032 электрических и пневматических линий.



Рис. 1. Структура линий SMD-сборки семейства М 1032



Рис. 2. Линия SMD-сборки М 1032

Конвейер М 1032 выполнен как секционный грейферный механизм с базированием собираемых изделий на неподвижных относительно станины линии элементах. Такое решение обеспечивает повторяемость позиционирования собираемых объектов $X_{п}$ (п — номер шага конвейера линии) по продольной координате X не хуже $1 \times 10^2 \dots 3 \times 10^2$ мм.

При использовании конвейера с функцией поворота плат:

$$S = \max \left\{ \begin{array}{l} a + \Delta S, \\ b + \Delta S \end{array} \right\},$$

где a, b — габариты обрабатываемого электронного модуля, ΔS — конструктивный зазор между платами на конвейере, как правило, $\Delta S = 2-5$ мм.

В случае применения конвейера, не содержащего устройств поворота:

$$S = \min \left\{ \begin{array}{l} a + \Delta S, \\ b + \Delta S \end{array} \right\}.$$

Модульный групповой привод сборочных головок перемещает все манипуляторы («головки») линии по ортогональной к X координате Y на расстояние $\pm \Delta Y$, определяемое как:

$$\Delta Y = S + \Delta Y_k$$

где ΔY_k — конструктивная постоянная, находящаяся в зависимости от модификации М 1032 в пределах 30-100 мм.

Большая часть модификаций М 1032 содержит пневматический привод по координате Y , обеспечивающий повторяемость позиционирования не хуже 10 мкм и производительность линии до 60 тыс. компонентов в час.

Для модификаций, требующих более высокой производительности (до 180-200 тыс. компонентов в час), или для обработки групповых заготовок используется электромеханический, оптимальный по быстродействию позиционный привод с серводвигателями постоянного тока с полым ротором или вентильными двигателями.

Сборочные головки, используемые в линии М 1032, бывают двух типов:

- универсальные, ориентированные на захват, центрирование и установку наиболее часто используемых компонентов (CHIP, SOT, MELF, SOIC и аналогичных);
- специализированные — для обработки сложных компонентов.

Специализированные головки могут комплектоваться элементами технического зрения. Координаты захвата и установки ими компонентов определяются по формуле:

$$\begin{cases} x_{zi} = x_{pi}, \\ y_{zi} = y_{pi}, \\ z_{zi} = z_{pi}, \\ x_{ni} = x_{pi} + \Delta x_i, \\ y_{ni} = y_{pi} + \Delta y_i, \\ z_{ni} = z_{pi} + \Delta z_i. \end{cases}$$

где x_d, y_{zi}, z_{zi} — координаты захвата, x_{ni}, y_{ni}, z_{ni} — координаты установки, x_{pi}, y_{pi}, z_{pi} — координаты i -й точки установки компонента на обрабатываемой плате, i — номер точки установки и соответствующей ей головки.

Как и сборочные головки, питатели, используемые в структуре М 1032, бывают универсальными и специализированными.

Основная масса универсальных питателей — ленточные. Именно они обеспечивают максимальную производительность линии.

Достаточно часто используются и пенальные питатели. Это допустимо в случае производства относительно малых партий изделий.

Специализированные питатели — вибро-, матричные, пенальные, из россыпи и другие — поставляются (и, при необходимости, разрабатываются под данный компонент) по заказу.

Координаты установки питателей x_{fi}, y_{fi} на модульном основании соответствуют координатам устанавливаемого из данного питателя компонента:

$$\begin{cases} x_{fi} = x_{pi}, \\ y_{fi} = y_{pi}. \end{cases}$$

Размещение питателей и головок М 1032 в положения, соответствующие собираемому изделию, производится в процессе переналадки линии.

Наиболее эффективным способом переналадки М 1032 является использование комплекта программирующих шаблонов, соответствующих производимому электронному модулю, аналогичных по способу изготовления трафаретам для нанесения припойной пасты. Комплект таких шаблонов заказывается потребителем одновременно с трафаретами для принтера и может производиться автоматизированным способом. Наиболее целесообразная технология производства комплекта шаблонов — прецизионная лазерная резка. Стоимость комплекта, как правило, соизмерима со стоимостью трафарета для нанесения припойной пасты.

Средние нормативы времени на перестройку линии М 1032 таковы:

- при использовании комплекта программирующих шаблонов $\Delta t_k = \Delta t_2 = 34$ с на компонент;
- без использования программирующих шаблонов $\Delta t_k = \Delta t_2 = 280$ с на компонент.

Норматив общего времени переналадки рассчитывается по формуле:

$$T_p = (\Delta t_p + \Delta t_k) \times N,$$

где N —число компонентов; Δt_p —норматив проверки результатов переналадки: $\Delta t_p = 4$ с — при использовании шаблонов, $\Delta t_p = 32$ с — без использования шаблонов.

Так, при переналадке линии на сборку плат со 100 компонентами при использовании комплекта шаблонов норматив времени переналадки $T_p = 100 \times (32 + 4) = 3800$ с = 1,05 часа.

Система контроля процесса сборки обеспечивает контроль захвата-установки компонентов на всех стадиях процесса сборки. Контроль производится с помощью датчиков вакуума, соединенных с вакуум-пинцетами всех сборных головок.

При обнаружении ошибки в процессе сборки линия останавливается, и оператору поступает сообщение о необходимости вмешательства.

Для специализированных головок возможна оптическая инспекция предельных отклонений процесса сборки.

Управляющий компьютер М 1032 обеспечивает оператору очень простой интуитивный русскоязычный интерфейс, облегчающий наладку и эксплуатацию линии.

Семейство линий М 1032 отличается низкой удельной стоимостью оборудования на единицу производительности z .

Величина z для типовых конфигураций находится в пределах $\$0,8-2,3 /(\text{комп./час})$.

Основные характеристики линий семейства М 1032:

- габариты от 0402 и выше — для универсальных головок;
 - любые — для специальных головок;
 - производительность — до 210 тыс. компонентов/час;
 - габариты собираемых плат: типовые — до 300х300 мм, по заказу — до 600х600 мм.
- Таким образом, можно утверждать, что

семейство линий параллельного манипулирования М 1032 — весьма эффективный инструмент автоматизации сборочных производств SMD-электроники.