

Новейшие решения в сфере автоматизации маркировки проводов и кабелей

Казалось бы, что нового может быть в сфере автоматизации маркировки, когда любая продукция на обычной полке магазина имеет свою сквозную маркировку от производителя, а современные приложения позволяют по штрихкоду отследить путь от коровы до бутылки с молоком. Однако именно правильная маркировка является фундаментальной частью управления качеством продукции, а при переходе к цифровой трансформации — первым шагом к построению системы сквозной прослеживаемости на производстве, и начинается она с маркировки самой массовой части современной электроники — проводниковой продукции.

Дмитрий Полторыхин

d.poltorykhin@s-erp.ru

Тимур Попов

t.popov@s-erp.ru

Статью мы начнем с самых основ: для чего нужна маркировка?

Хорошо читаемая и устойчивая к внешним воздействиям факторам маркировка провода и кабеля значительно упрощает работу персонала, помогает сделать хранение и поиск материалов, сборку изделий и их техническое обслуживание легче и помогает в поиске и устранении неисправностей.

В любом современном изделии множество линий связи, и нередко крайне трудно отличить одну от другой. Конечно, это можно сделать по различному цвету изоляции, что применимо, например, для стандартных протоколов типа Ethernet. Но если обратить внимание на внешнюю оболочку кабеля (рис. 1), то мы столкнемся с первой маркировкой — заводской, с помощью которой можно идентифицировать тип кабеля в катушке на складе, она содержит следующую информацию:

- Материал жил и их количество (медь, алюминий).
- Тип изоляции (ПВХ, фторопласт, резина и т. д.).
- Сечение проводников (0,06; 0,5; 1,5 мм²).
- Номинальные электрические величины (400 В; 10 кВ; 0,66).
- Наименование (МГТФ, МПО, ПВС СИП-1, КПСВГ, ПНСВ).
- Дата изготовления.



Рис. 1. Кабель с заводской маркировкой

- Стандарт, по которому выполнена кабельная продукция.

Поскольку кабельно-проводниковая продукция поставляется в катушках или бухтах, использование заводской маркировки не представляет интереса и служит только в качестве дополнительной информации, а вот данные, содержащиеся в штрихкоде на катушке, помимо сведений о типе провода или кабеля, — это более важная информация о конкретной партии продукции, с которой начинается сквозное прослеживание использования материалов в конкретных конечных изделиях. Именно эти сведения должны храниться в современной ERP-системе и последовательно передаваться внутри единого информационного пространства предприятия на протяжении всего жизненного цикла конечного продукта.

Наиболее важной частью производственного цикла является следующий тип маркировки — технологи-

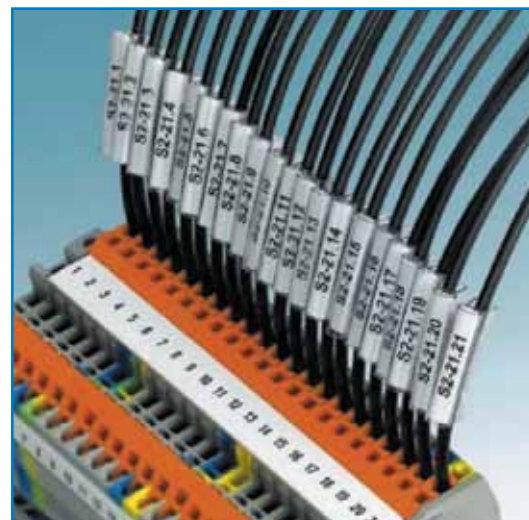


Рис. 2. Пример маркировки бирками

ческий. При прокладке кабеля в электрическом шкафу (рис. 2) или в жгуте необходима технологическая маркировка для определения адресов соединения в соответствии с электрической схемой. К данному типу маркировки чаще всего применяются особые требования по устойчивости к внешним воздействующим факторам, такие как износостойкость, стойкость к повышенным и пониженным температурам, пожаростойкость, видимость в определенном спектре света (УФ-маркировка) и т. д.

Существует великое множество как типов, так и производителей технологической маркировки, но, к сожалению, большинство из них рассчитано не на промышленное использование и наносится вручную. В условиях цифровой трансформации становится важным включение процесса маркировки в полностью автоматические линии по обработке провода и кабеля. Тип маркировки и оборудование по ее нанесению выбирают на основании анализа данных, которые необходимо наносить, области применения и эксплуатации промаркированного изделия, нужной скорости маркировки. Наибольшее распространение получили каплеструйные принтеры, принтеры горячего тиснения, термотрансферные принтеры и установки лазерной маркировки. У каждого метода нанесения маркировки есть свои производственные нюансы.

Термотиснение — нанесение маркировки путем нагрева изоляции при помощи штампа (рис. 3) и вдавливания краски в оболочку. Данный способ получил широкое распространение в связи с массовым использованием при производстве для маркирования проводов



Рис. 3. Штмп для термотиснения

и бирок, изготавливаемых из ПВХ-трубки. Основной проблемой маркировки, выполняемой при помощи принтера горячего тиснения, является высокая вероятность повреждения изоляции. Процесс маркировки также имеет важную технологическую особенность: нет возможности динамически менять задание, а также печатать QR- или штрихкоды, а значит, нельзя автоматизировать процесс, поскольку маркиратор представляет собой наборный штамп. В случае использования в качестве маркировки бирок из ПВХ-трубки дополнительно требуется установка их на провода, что значительно увеличивает трудоемкость технологического процесса и количество ошибок.

Термопечать — это один из способов печати, при котором термоголовкой принтера нагревается термоэтикетка и появляется необходимое изображение. Данная маркировка предусмотрена для мелко- и среднесерийных производств, поскольку маркировка, выполняемая термопринтером (рис. 4), имеет, с одной стороны, высокую скорость печати, а с другой — требует времени на установку самой этикетки на изделие. Это метод печати довольно дешевый, ведь основным расходным материалом становится термоэтикетка на клеевой основе. Чаще всего данный вид маркировки используется в качестве технологической для обеспечения прослеживаемости компонентов.

Термотрансферная печать — печать, при которой термоголовка нагревает специальную термотрансферную красящую ленту (риббон), и в этот же момент происходит перенос краски на специальную этикетку. В данном случае расходными материалами выступают риббон и этикетка. Как и при термопечати, данная маркировка в связи с низкой скоростью процесса и необходимостью установки бирки на изделия используется для мелко- и среднесерийных производств. Технология считается наиболее затратной, ведь помимо этикеток идет расход ленты 1:1, а значит, при холостом прогоне ленты также расходуется. Оборудование для кабельной индустрии (рис. 5) позволяет немного удешевить процесс за счет отсутствия необходимости в этикетках, так как перенос информации выполняется на специальную



Рис. 4. Термопринтер Zebra ZT230

пленку, далее с этой пленки под воздействием тепла и усилия прижима изображение переносится на изоляцию. С учетом того, что данное оборудование легко интегрируется в линию обработки провода, маркировка наносится в процессе работы линии автоматически.

Термотрансферная печать широко применяется именно для печати технологической маркировки и печати на термоусаживаемых трубках-бирках, а при необходимости массовой печати на ПВХ-бирках промышленные принтеры (рис. 6) были адаптированы и под эти задачи за счет установки предварительных подогревателей, которые размягчают трубку перед печатью и позволяют придать ей более плоскую форму. После печати каждая бирка из трубки нарезается в нужный размер и устанавливается вручную на изделие, что увеличивает трудоемкость.

Оба процесса — печать и установку этикеток на изделие — можно полностью автоматизировать, организовав технологическую линию из современного оборудования и отправляя задания на обработку провода и одновременную печать непосредственно из системы управления производством «S-MES: Орбита» [1].

Флажковая маркировка (рис. 7) — это один из вариантов автоматизации. При изготовлении изделий авиационного назначения, где при производстве используются провода маленьких сечений и идет борьба с каждым граммом веса, для обеспечения процесса про-



Рис. 5. Термотрансферный принтер TTP 4000



Рис. 6. Маркировочный принтер Partex PROMARK T-1000



Рис. 7. Пример флажковой маркировки

слеживаемости может использоваться временная технологическая маркировка флажкового типа. Принтер флажковой маркировки провода FM-01 (ООО «Технопроект», Россия) можно интегрировать в линию обработки провода, что позволяет полностью автоматизировать процесс установки бирок на провод с помощью специального аппликатора (рис. 8).

Если же вес не имеет значения, например для железнодорожного сектора, то для



Рис. 8. Аппликатор FM-01

маркировки проводов и кабелей сечением от 0,5 мм² термотрансферным способом целесообразнее использовать принтер Brady Wraptor A6500 (рис. 9).

Принтер выполняет печать на этикетке, которую впоследствии оборачивают вокруг кабеля (рис. 10). В зависимости от используемого материала данная маркировка может служить как основной, так и временной (технологической) — она не занимает много места и ее легко удалить.

Если в соответствии с требованиями конструкторской документации необходимо ис-



Рис. 10. Пример оборачиваемой маркировки

пользовать бирки из ПВХ или термоусаживаемой трубки, то используют настольное оборудование, например Brady BSP45 (рис. 11), позволяющее автоматизировать процесс установки заранее напечатанных бирок.

Каплевая печать — бесконтактный цифровой метод печати, при котором данные наносятся на материал чернилами (каплями жидкой краски). Этот тип печати оптимален для высокоскоростного и крупносерийного производства, поскольку отличается низкой стоимостью расходных материалов. Однако важной технологической особенностью при работе каплевая печать (рис. 12) является возможность высыхания чернил при



Рис. 11. Установщик бирок Brady BSP45



Рис. 12. Каплевая печать AlphaJet Duo



Рис. 9. Термотрансферный принтер Brady Wraptor A6500



Рис. 13. Система лазерной маркировки Laser JetMark ULTRA C1000

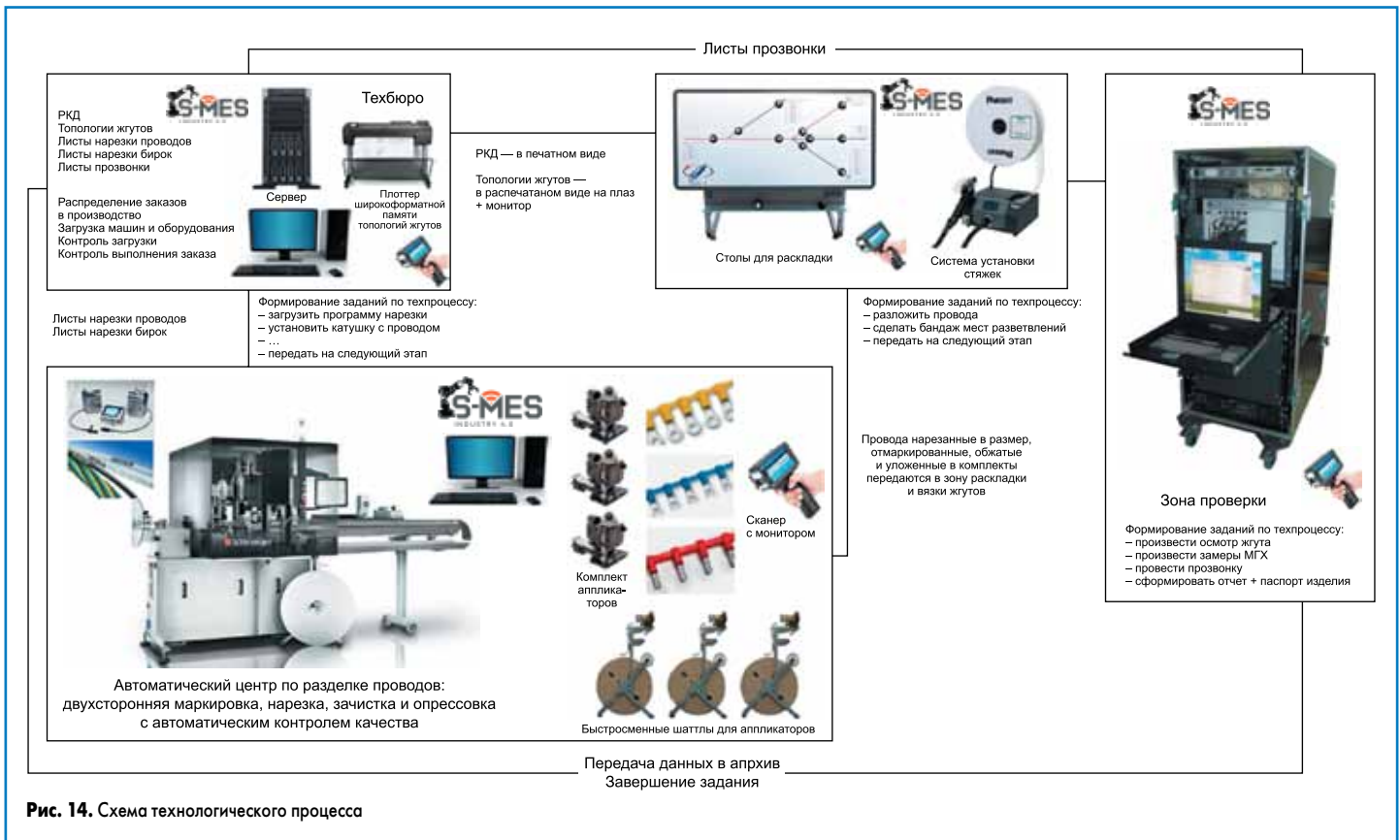


Рис. 14. Схема технологического процесса

Таблица. Сравнение принципов маркировки

Показатель	Каплевая маркировка	Термопечать	Термотрансферная	Горячее тиснение	Лазерная маркировка
Скорость маркировки	+++	++	+	+	+++
Устойчивость маркировки	+++ ¹	++	++	+++	+++
Стоимость использования	+	+	+++	+	+
Динамичность смены задания	+++	+++	+++	+	+++
Повреждения изоляции	-	-	+	++	-/+ ²
Токсичность	+	-	-	+	-/+ ²

Примечания.

1. В зависимости от применяемых чернил. 2. В зависимости от применяемого типа лазера CO² или УФ.

длительных простоях оборудования, тогда потребуется промывание системы с использованием специальных растворителей для чернил; кроме того, при применении специальных чернил может понадобиться установка вытяжки над рабочим пространством и обеспечение персонала дополнительными средствами индивидуальной защиты.

Лазерная маркировка — метод нанесения данных на изделие с помощью высококачественного сфокусированного лазерного луча. В современном оборудовании лазерной маркировки используется ультрафиолетовый твердотельный лазер, который не повреждает оболочку кабеля, а воздействует на определенный тип присадок (диоксид титана) и тем самым пигментирует поверхностный слой изоляции. Данная технология является самой дешевой, поскольку здесь не требуются расходные материалы. Система лазерной маркировки Laser JetMark ULTRA C1000 (рис. 13) позволяет наносить надписи на изоляцию любым шрифтом и размером, на любом языке и легко интегрируется в линии обработки провода [2].

Все описанные принципы маркировки имеют свои плюсы и минусы, которые приведены в сравнительной таблице.

ГК «СЕРП» в одном из проектов удалось реализовать автоматизированное производство электрожгутовых изделий с помощью двух систем маркировки — временной технологической и адресной, так как было необходимо полностью соблюсти требования действующей у заказчика конструкторской документации.

В качестве основы проекта использовалась система управления производством «S-MES: Орбита» [1], с помощью которой удалось построить уникальный технологический процесс (рис. 14).

В качестве временной технологической маркировки применялось штрихкодирование проводов. Два каплевых принтера, предназначенных для нанесения штрихкода на провод с двух сторон, были интегрированы в полностью автоматизированный центр для обработки провода Schleuniger CrimpCenter 36S (рис. 15). Каплевый принтер позволяет выполнять маркировку провода со скоростью до 10 м/с, динамически меняя задания

в процессе работы, а в качестве адресной маркировки ПВХ-бирок использован термотрансферный принтер с предварительным подогревателем Partex PROMARK T-1000.

Описание технологического процесса работы с программно-аппаратным комплексом:

- На первом этапе цеховой технолог с помощью редактора технологических процессов и редактора технологических моделей осуществляет оцифровку конструкторской и технологической документации, внося необходимые для производства данные в систему:
 - топологию жгута с указанием размеров ветвей и адресов;
 - схему раскладки жгута, места установки держателей проводов;
 - соединители, наконечники и иные ПКИ;
 - провода с учетом припусков и таблицы соединений, а также перемычки;
 - данные на используемую маркировку.
- Начальник цеха с помощью модуля управления производством в соответствии с планами осуществляет формирование сменного задания в системе, указывая, какое количество изделий необходимо произвести, кто имеет допуск к проведению работ, за сколько смен осуществлять работу, имеется ли незавершенная работа и т. д.
- Работник склада ведет учет продукции, внося данные в ERP-систему с помощью штрихкодирования, что позволяет контролировать учет материалов на складах и порядок их списания на каждое изделие, а также осуществлять сквозной контроль нахождения материалов в производстве.
- Schleuniger CrimpCenter 36S соединяется через Ethernet-сеть с каплевидным принтером, что экономит время на маркировку,



Рис. 15. Schleuniger CrimpCenter 36S

поскольку процесс печати происходит одновременно с подачей провода в блок обработки и данные загружаются в автоматическом режиме из «S-MES: Орбита».

- Полученный монтажный комплект в виде распечатанного плаза, нарезанных проводов с установленным с одной стороны наконечником, а также остальные комплектующие, необходимые для сборки, передаются на участок сборки жгутов. На самом участке при сканировании штрихкода с провода на мониторе и/или интерактивной панели для сборки жгутов Orbita P150 (рис. 16) из «S-MES: Орбита» осуществляется визуализация техпроцесса прокладки, а принтер трубок ПВХ выполняет автоматическую печать и нарезку в размер.
- На финальном этапе производства проводится проверка изделия на соответствие заданным характеристикам с помощью автоматизированной системы контроля монтажа ТЕСТ-9110-VXI (рис. 17), в которую

из «S-MES: Орбита» загружаются программы тестирования. По результатам тестирования формируется отчет, который подгружается к электронному паспорту изделия и хранится в базе данных «S-MES: Орбита».

Благодаря внедрению системы заказчик получил высокогибкое конкурентоспособное производство. Применение двух систем тестирования помогло внедрить процесс сквозной передачи и отслеживания технологических процессов, а главное — снизить общую трудоемкость почти на 30%. Простота дальнейшего масштабирования системы на остальные производственные участки помогает добиться полноценной цифровой трансформации всего производства. Технологическая маркировка, нанесенная на провод каплеустройным принтером, позволит использовать систему технического зрения для упрощения выполнения технических осмотров и сервисного обслуживания электрического шкафа, в который будет установлен изготовленный жгут.



Рис. 16. Панель интерактивная для сборки жгутов Orbita P150



Рис. 17. Автоматизированная система контроля монтажа ТЕСТ-9110-VXI

О системе технического зрения мы расскажем в следующей статье.

Литература

1. Сидоров С., Полторыхин Д. Инновационный подход к роботизации производства кабельных сборок и жгутов // Технологии в электронной промышленности. 2019. № 1.
2. Печенев А. Лазерные технологии для изготовления жгутов проводов // Технологии в электронной промышленности. 2020. № 1.