

Как повысить эффективность электромеханического производства

А. Иваненко¹

УДК 658.5:621.3 | ВАК 05.27.06

С каждым годом количество окружающих нас электрических машин растет. Они используются как дома, в составе многочисленных кухонных помощников, стиральных машин, пылесосов, дрелей, вентиляторов, так и за пределами жилища – это электромобили, электропоезда, насосы, автоматизированные ворота, различного рода роботизированные и энергетические системы. И это способствует росту потребности рынка в электродвигателях всех типов. А количество обязательно должно переходить в качество, и об этом нельзя забывать. Конкуренция на данном рынке очень высока – стоит один раз ошибиться, и клиент уже ищет альтернативного поставщика.

Многие российские производители давно работают на электротехническом рынке и предлагают широкий ассортимент качественной продукции, а некоторые только недавно откликнулись на потребность рынка в электродвигателях и начали как производство стандартных, так и разработку специальных моделей электромашин. Следствием стало увеличившееся количество запросов в ООО «Остек-ЭТК» на поставку технологического оборудования для намотки статоров и роторов всех мощностей (рис. 1).

Наибольшей популярностью у наших клиентов пользуются общепромышленные асинхронные двигатели



Рис. 1. Глубокий анализ конструкторской документации и образцов изделий клиентов является основой для разработки эффективного решения любой задачи по автоматизации производства

с присоединительными размерами по российскому стандарту ГОСТ (серия АИР) и европейскому DIN (серия АИС). В статье будет описан процесс автоматизированного производства статоров подобных машин.

Как известно, самые распространенные причины появления электрической неисправности у электродвигателей всегда связаны с обмоткой. И если сам процесс намотки катушечных групп, как правило, автоматизирован в том или ином виде, то многие технологические операции, в числе которых изолирование пазов, укладка катушечных групп, заклинивание пазовых крышек и т. д., осуществляются вручную. Из-за этого процесс сборки статоров является крайне трудоемким, а человеческий фактор существенно влияет на показатель брака. Для минимизации влияния этих слабых сторон ручного труда специалисты нашей компании рекомендуют использовать разработки нашего партнера FASP S.R.L.

FASP S.R.L. – итальянская промышленная компания, разрабатывающая технологические системы различного уровня для производства электродвигателей: от автономных станков до комплексных систем и реализации полностью автоматизированных линий «под ключ». Благодаря опыту, накопленному за почти 40 лет непрерывной деятельности, FASP является приоритетным партнером для основных производителей электродвигателей, работающих в таких областях, как: энергетические генераторы, промышленная и домашняя автоматизация, лифты, комплектующие для автомобилей и электромобилей, погружные и электрические насосы.

¹ ООО «Остек-ЭТК», главный технолог, ivanenko.a@ostec-group.ru.

В качестве примера приведем процесс производства статоров типоразмеров АИС 100-132 с использованием современной автоматизированной линии.

Клиент поставил комплексную задачу: требуется автоматизированная линия, предназначенная для производства статоров низковольтных и высоковольтных двигателей с максимальным внутренним диаметром 140 мм и внешним диаметром до 220 мм. Оборудование должно быть оснащено динамической производственной системой DPSI (Dynamic Production System 1), которая способна оптимизировать производственные процессы, управляя различными рабочими этапами с использованием последовательности (последовательного производства статоров различных типоразмеров), а также сокращать до минимума временные остановки станков для смены оснастки. Таким образом, новый технологический участок должен обеспечивать возможность сборки небольших партий статоров различных типов, отличающихся продольным размером сердечника (от 50 до 250 мм), количеством оборотов в катушках, количеством параллельных проводов (до 30 шт.) и их диаметром, длиной выводов (до 800 мм), без остановки производственного процесса для смены инструмента и иметь производительность до 40 изделий в час. И, конечно, выполнять еще одно современное обязательное требование: процесс изготовления каждого статора должен точно прослеживаться на протяжении всего производственного процесса с сохранением информации о задействованных операциях, времени обработки и используемых материалах.

Для решения поставленной задачи был разработан и изготовлен роботизированный комплекс по производству статоров, включающий механизмы саморегулирования на различных этапах (рис. 2). Гибкость линии обеспечена автоматизированной системой DPSI, разработанной специалистами FASP, которая автоматически управляет



Рис. 2. Общий вид автоматизированной линии изготовления статоров



Рис. 3. При производстве последовательности статоров различных типоразмеров планировщики задач значительно облегчают работу операторам своими непрерывными подсказками

всеми этапами производства статоров и позволяет машинам автоматически изменять количество используемых параллельных проводов, а также параметры конфигурации катушечных групп – размеры катушек и количество оборотов. Планировщики задач, разработанные для помощи операторам, повышают их производительность и эффективность внутрицехового управления. Направляемые на стойки управления данные обеспечивают сотрудников мгновенным и непрерывным инструктажем и обучением (рис. 3).

При построении линии использовались следующие технологии:

- FTW (Free Twist Wires): технология намотки на вращающуюся регулируемую оправку, которая позволяет получать прецизионную катушечную группу, характеризующуюся отсутствием скручивания и пересечения проводов в пряди;
- HPCIS (High Performance Coil Insertion System): технология плотной укладки обмоток в пазы, с помощью

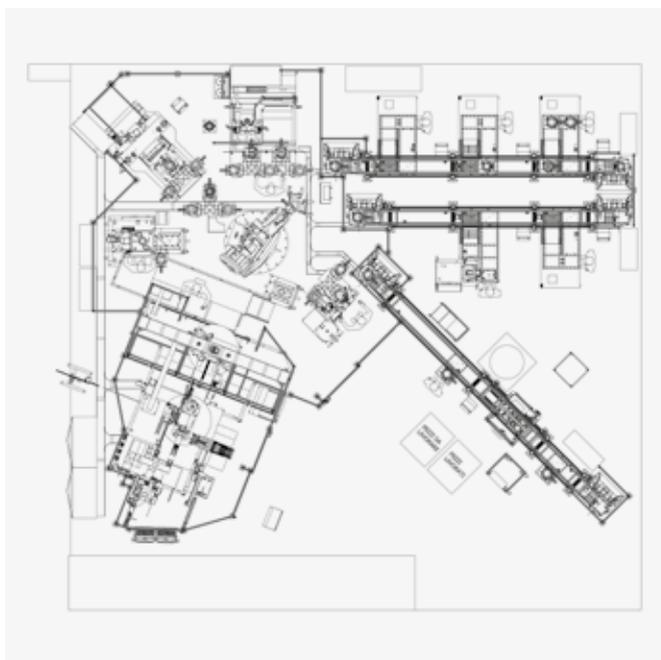


Рис. 4. Схематическое изображение автоматизированной линии для производства статоров

которой можно достичь коэффициента заполнения паза статора в пределах 80–85%.

Объединение технологий FTW и HPCIS позволило устранить распространенную проблему скручивания обмоток при работе с большим количеством параллельных проводов, как следствие, повысилась эффективность работы оборудования. И, наконец, внедрение процесса фиксации свободных выводов катушек дало возможность увеличить их максимальную длину до величины в 800 мм, а также предотвратить спутывание между собой и попадание в рабочие узлы линии при выполнении последующих технологических операций.



Рис. 6. Общий вид станка для монтажа пазовой изоляции



Рис. 7. Статор с изолированными пазами



Рис. 5. Панель управления операторов линии



Рис. 8. Намотка катушечных групп прецизионной пряжей, включающей более 12 параллельных проводов

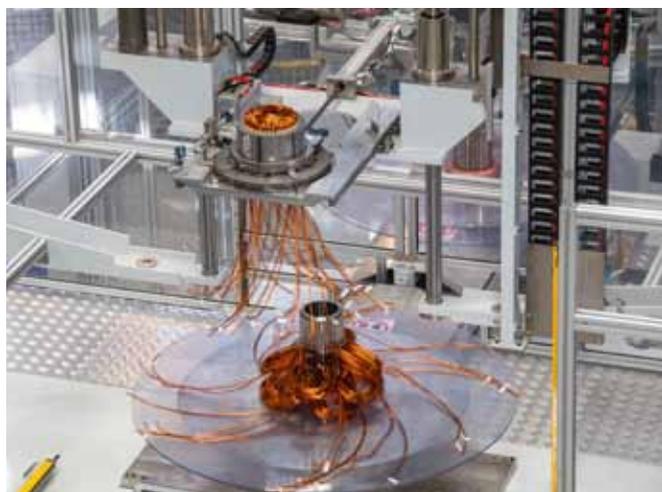


Рис. 9. Технология НРСIS позволяет достичь 80–85% заполнения паза

Система прослеживаемости призвана следить за каждым изделием на протяжении его изготовления. Идентификация статоров осуществляется с помощью радиочастотных RFID-меток, установленных на поддонах, транспортирующих статоры. Также возможно использование двумерного матричного кода DataMatrix, наносимого непосредственно на изделие. Таким образом, маркировка каждого статора позволяет гибко управлять процессом его производства, а также записывать или считывать информацию о пройденных операциях.

Весь процесс производства (рис. 4) разделен на этапы:

1. Оператору приходит задание на панель управления, и он монтирует соответствующий сердечник на поддон (рис. 5).
2. Выполняется монтаж пазовой изоляции (рис. 6, 7).
3. Выполняется намотка катушечных групп и их втягивание в сердечник (рис. 8, 9).
4. Выполняется предварительная формовка (рис. 10).
5. Выполняются ручные операции по подготовке выводов: распределение, обрезка, изолирование (рис. 11, 12).
6. Выполняются ручные операции по подготовке выводов: пайка наконечников и закрепление выводов в оснастке для последующих операций (рис. 13, 14).
7. Выполняется финишная формовка (рис. 15, 16).
8. Выполняется одновременная обвязка лобовых частей с двух сторон (рис. 17, 18).
9. Выполняются ручные операции: электрический тест и выгрузка продукции (рис. 19).
10. Выполняется логистика между операциями, за которую отвечает робот-манипулятор (рис. 20).

Результат внедрения автоматизированной линии:

- сокращение процента брака из-за неправильного обращения с выводами примерно на 80%;



Рис. 10. Предварительная формовка с монтажом закрывающих паз клиньев



Рис. 11. Ручная операция по подготовке выводов



Рис. 12. Эргономичный участок выполнения ручных операций



Рис. 13. Горячее прессование наконечника без предварительной зачистки проводов существенно экономит время процесса



Рис. 14. Система конвейеров для зоны ручных операций



Рис. 15. Формовка лобовых частей статора с подготовкой отверстий для последующего бандаж



Рис. 16. Оснастка нижней части формовочного станка



Рис. 17. Бандаж лобовой части статора

- повышение эффективности производства (Overall Equipment Effectiveness, OEE) до уровня свыше 85%;
- сокращение времени производства изделий;
- повышение точности и повторяемости процессов;
- удобство использования оборудования и инструментов;
- расширенное обучение и постоянная помощь операторам благодаря учебным пособиям на местах;
- постоянный контроль над процессами со стороны руководства;
- улучшение эргономики рабочих мест операторов, а именно: освещенности, вентиляции, гибкости, безопасности и охраны здоровья благодаря установке стационарных (освещение, вентиляция) и передвижных (тележки для оборудования, корзины для отходов) систем.

Описанное решение обладает высоким уровнем автоматизации производственных процессов и, как следствие, обеспечивает высокую эффективность производства. Если задача ставится иначе, например, не требуется



Рис. 18. Станок для осуществления синхронного бандажа лобовых частей с двух сторон



Рис. 19. По окончании электрического теста оператор демонтирует всю оснастку и передает готовый статор на упаковку

существенно увеличить программу выпуска изделий, то достаточно будет ограничиться полуавтоматами для выполнения операций, обслуживаемых роботоманипулятором. За логистику между процессами в этом случае будет ответственен человек или конвейерная система.

Таким образом, современная технология сборки статоров электрических машин, показанная на примере внедрения автоматизированной линии для производства статоров низковольтных и высоковольтных двигателей, значительно увеличивает эффективность производства и качество выпускаемых изделий. ●



Рис. 20. «Сердцем» линии является робот-манипулятор АВВ, вокруг которого построена вся система