

# К оптимизации затрат через модернизацию станочного оборудования

Александр Клевцов

В статье на примере модернизации электрооборудования и средств управления горизонтально-расточного станка 2А656РФ11 демонстрируется оптимизация затрат на машиностроительном производстве при сохранении технологических возможностей в условиях острого дефицита финансовых средств.

## ВВЕДЕНИЕ

Если не брать в расчёт металлообрабатывающие предприятия, относящиеся к добывающим отраслям (Газпром, Роснефть), то для большинства машиностроительных предприятий приобретение нового крупногабаритного и многофункционального станочного оборудования — задача на сегодняшний день практически недостижимая в связи со значительными затратами на покупку. По результатам обследования состояния парка станков на ряде предприятий Московской, Тульской, Ярославской, Калужской областей выясняется, что известные модификации группы горизонтально-расточных станков, такие как 2А622, 2А656, произведённые в конце 80-х годов прошлого столетия и ещё находящиеся в эксплуатации, отличаются в большинстве случаев достаточно хорошим состоянием кинематических и гидравлических узлов, но имеют практически неработоспособное

электрооборудование и средства управления. Учитывая относительно небольшие затраты на модернизацию основного электрооборудования, отсчётно-измерительной системы и средств управления (не более 3 млн руб.), а также довольно короткий срок периода модернизации (в пределах двух месяцев), данное направление работы классически укладывается в тренд современных направлений по общей модернизации производства в России.

## ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА МОДЕРНИЗАЦИИ

Горизонтально-расточные станки с подвижной передней стойкой и встроенным поворотным столом, имеющим продольное и поперечное перемещение, с навесной планшайбой и радиальным суппортом предназначены в основном для обработки крупных корпусных деталей. Универсальность станка и широкие функциональные возможности определяют наличие значительного спектра электротехнических устройств, обеспечивающих управление подвижными органами, визуализацию процесса обработки, реализацию предохранительных функций и технологических блокировок. Основными элементами электрооборудования станка являются шкаф управления (рис. 1) с двухсторонним обслуживанием и приводные электродвигатели.

В целях наглядности и оценки функциональных связей всего электротехнического комплекса станка на рис. 2 показана структура электрооборудования и средств управления горизонтально-

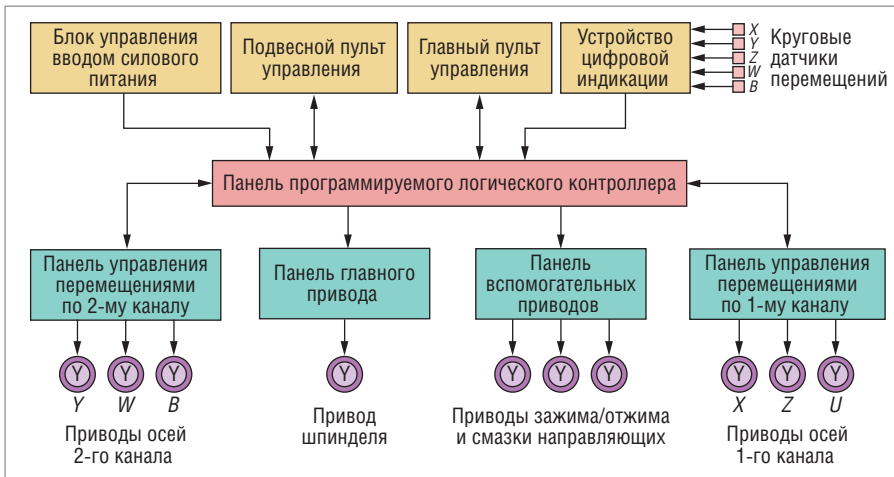
расточного станка 2А656РФ11 после проведения модернизации.

Основной перечень работ по модернизации включает:

- замену по всем осям ( $X, Y, Z, W, U, B$ ) приводных электродвигателей постоянного тока на специальные асинхронные электродвигатели с независимой системой вентиляции и энкодерами; работа сопровождалась созданием конструкции переходных фланцев для механического сопряжения вновь устанавливаемых приводных электродвигателей на штатные посадочные места;
- установку отсчётно-измерительной системы с реализацией функций контроля перемещения и программно-позиционного управления;
- полную модернизацию внутренних панелей шкафа управления с заменой практически всей элементной базы (программируемый логический контроллер вместо двух релейных блоков, преобразователи частоты взамен тиристорных преобразователей, бесконтактная коммутационная аппаратура для управления переключением скоростей шпинделя и т.д.);
- восстановление оборудования главного и подвешного пультов управления (задатчики установочных и рабочих перемещений, элементы индикации режимов работы и выбора осей);
- замену элементов отжима и контроля отжима осей  $X, Y$ , концевых выключателей ограничения перемещений и технологических блокировок, системы обеспечения смазки направляющих и т.д.



Рис. 1. Внешний вид шкафа управления с элементами привода оси Z



**Условные обозначения:** ось X – поперечное перемещение стойки; ось Y – вертикальное перемещение шпиндельной бабки; ось Z – перемещение шпинделя; ось W – перемещение стола продольно; ось U – координата выдвигаемой пиноли; ось B – круговое вращение стола.

Рис. 2. Состав электрооборудования и технических средств

### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ЭЛЕКТРОПРИВОДА

При проведении модернизации была применена элементная база, которая широко применяется на территории Российской Федерации и поддерживается поставками развитой дистрибуторской сети, а также характеризуется высоким качеством и эксплуатационной надёжностью.

Приводная система выполнена на основе высокопроизводительных преобразователей частоты серии A1000 (Omron). В частности, в этом проекте использовано два комплекта частотно-регулируемых электропривода (ЧРП) мощностью 11 кВт, по одному на каждый канал (рис. 2), состоящих из преобразователя частоты CIMR-AC4A0031FAA и электродвигателей АДЧР132M2У3-1М3001-1-ТО2500-В3. Внешний вид встраиваемой в шкаф панели управления перемещением по первому и второму каналам представлен на рис. 3.

Панель программируемого логического контроллера (ПЛК) собрана на базе универсального промышленного контроллера S7-300 фирмы SIEMENS (рис. 4) и твердотельных реле Omron G3NA-D210B (рис. 5), которые обеспечивают связь модулей дискретного вывода с электроавтоматикой станка, в частности, с исполнительными устройствами (электромагнитными муфтами) распределения и подключения выбранных осей соответствующего канала к частотно-регулируемому электроприводу. Конструктивно панель выполнена в виде двух отдельных блоков, которые устанавливаются на противоположной от панели

управления перемещениями стороне шкафа (рис. 3). Выбор основной элементной базы вызван необходимостью обеспечения бесперебойной работы оборудования в связи со значительной загрузкой станка (16 часов работы в сутки с перерывом 1...1,5 часа), а также наличием потенциальной возможности приобретения при необходимости замены. Разработка и отладка управляющей программы производилась с помощью инструментальной среды SIMATIC STEP 7 Basic на языке LAD-диаграммы.

Следует упомянуть об устройстве цифровой индикации (УЦИ), обеспечивающей совместно с ЧРП выполнение таких функций, как:

- поддержка трёх систем отсчёта для каждой оси (абсолютной, относительной, оперативной), делающих станок с позиций оператора «зрячим»;
- ввод параметров управления движением по трём осям: X, Y, Z (координаты референтной метки, значений пяти уставок торможения, значений компенсаций люфта и систематической погрешности);
- позиционирование с выходом на заданную координату отдельно по каждой оси.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ

Как уже упоминалось, органом управления и координации работы всех агрегатов станка является панель ПЛК. В отличие от заводской системы управления модернизированный вариант позволяет:

- повысить возможности диагностики и определения состояния всех без ис-

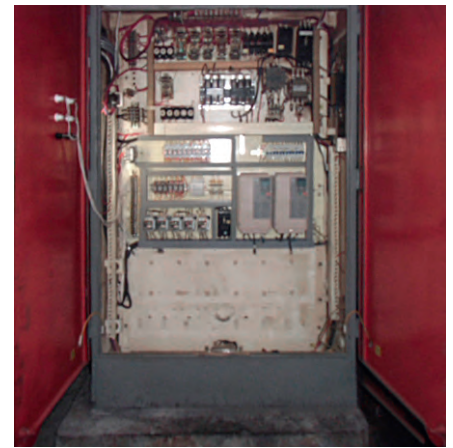


Рис. 3. Панель управления перемещениями

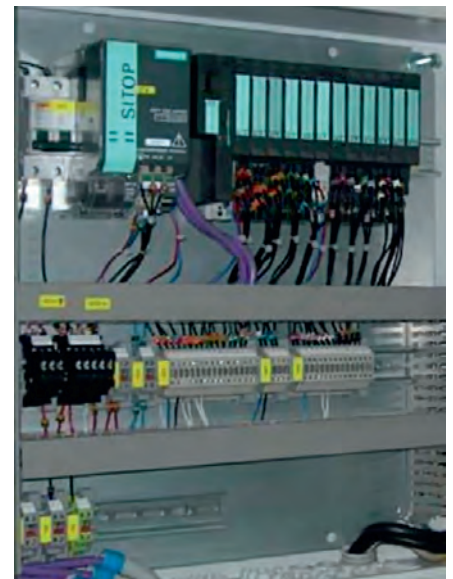


Рис. 4. Блок управления панели ПЛК



Рис. 5. Блок бесконтактной коммутации панели ПЛК

ключения элементов управления, контроля и блокировки, установленных непосредственно на станке, за счёт светодиодной визуализации дискретных входов ПЛК;

- оперативно производить проверку работоспособности исполнительных элементов схемы управления станка (электромагнитных муфт, золотников гидравлической схемы, вспомогательных электроприводов);
- эффективно контролировать функционирование цепей управления частотно-регулируемых электроприводов за счёт встроенных средств визуализации используемых инверторов А1000;
- значительно упростить процедуры настройки, функциональной диагностики и поиска неисправностей в приводных системах, применяя сервисные возможности инверторов А1000;
- снизить время поиска неисправностей в системе электроавтоматики станка за счёт наглядности и упрощения электрической схемы.

С момента подачи силового питающего напряжения управляющая программа ПЛК осуществляет определение положения и состояния подвижных органов, отсутствия аварийного режима у преобразователей частоты, исходного состояния и готовности к работе основного силового электрооборудования. После выбора с подвесного или главного пультов подвижного органа производится формирование разрешения на перемещение, а затем запуск соответствующего привода в случае отсутствия нештатных и аварийных ситуаций. В случае их наличия выполняется визуализация характера неисправности непосредственно на главном пульте управления либо на дисплее инвертора.

Использованные в проекте модернизации УЦИ отечественного производства ЛИР532 для координатных осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и ЛИР522 для  $W$ ,  $U$ , помимо основных функций, упомянутых ранее, реализуют функцию позиционирования, которая предназначена для перемещения подвижного органа в положение с заданными координатами (координатами позиционирования). Совместно с инициализированной командой преобразователя частоты, реализующей фиксированный пробег электродвигателя при торможении от любой начальной частоты до полной остановки, УЦИ инициирует движение к координате позиционирования по каждой оси. При этом запуск функции позиционирования может осу-

ществляться как с клавиатуры УЦИ, так и от внешнего сигнала, сформированного ПЛК панели управления станком.

В дополнение к сказанному с главного пульта управления имеется возможность обнуления текущей координаты с помощью кнопок «сброс» по каждой оси:  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ,  $W$ ,  $B$  – при работе в относительной системе отсчёта.

Задание скорости перемещения подвижных органов осуществляется отдельно для установочных и рабочих перемещений аналоговым сигналом 0...20 мА, что даёт возможность не менять ранее установленное значение подачи при настройочно-регулируемых перемещениях.

Следует отметить, что несомненным достоинством модернизированной системы управления является применение высокоэффективного частотно-регулируемого электропривода с моделью трансвекторного (FOC – Field Oriented Control) управления с замкнутым контуром (с датчиком обратной связи). Как уже упоминалось, в качестве инвертора используется преобразователь частоты серии А1000 производства Omron, позволяющий в рамках указанной базовой технологии управления добиваться беспрецедентно высоких характеристик привода подач, таких как:

- пусковой момент 200% от номинального при нулевой скорости;
- точность поддержания момента и скорости в пределах  $\pm 0,02\%$ ;
- диапазон регулирования 1:1500;
- перегрузка 150% от номинального выходного тока в течение не менее 1 минуты.

Кроме этого, по сравнению с демонтированным электроприводом постоянного тока имеются хорошие эксплуатационные возможности по защите элементов привода от следующих аварийных ситуаций:

- повышения напряжения на шине постоянного тока инвертора;
- понижения напряжения на шине постоянного тока инвертора;
- перегрева тормозного резистора;
- опрокидывания ротора;
- замыкания силовой цепи на землю;
- перегрузки электродвигателя и преобразователя частоты;
- перегрева радиатора преобразователя частоты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Более чем 8-месячный срок эксплуатации модернизированного горизонтально-расточного станка 2А656РФ11 показал наличие достаточно серьёзного эксплуатационного ресурса и высокую надёжность работы установленного основного электротехнического оборудования. В течение указанного срока не было ни одного отказа по вине частотно-регулируемого электропривода, управляющего программируемого контроллера и устройства индикации. Эксплуатационный персонал в кратчайшее время приобрёл уверенные навыки работы с системой управления, особенно в части оперативного устранения неисправностей в электроавтоматике и вспомогательном электрооборудовании станка, оставшихся в заводском исполнении. ●

E-mail: akis\_tula@inbox.ru

## НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

### Навигационные технологии среди нас

Навигационные технологии прочно вошли в нашу повседневную жизнь. ГЛОНАСС-технологии активно используются в государственной сфере, в работе транспортного комплекса, всех его отраслей. Навигация стала повсеместной. Системы диспетчеризации и мониторинга, логистики, обеспечения безопасности, интеллектуальные транспортные системы, тахографический контроль работают с применением спутниковой навигации. По оценкам специалистов, потенциальный экономический эффект, достигнутый от использования навигационных технологий, может составить более половины процента от внутреннего валового продукта страны.

Как же будет развиваться отрасль навигации в будущем? Что нового получит бизнес, а что конечный потребитель? Как изменится конъюнк-

тура рынка? Почему навигация затронет каждого? Заменят ли новые технологии «классическую» навигацию или дополнят её? Всё это и многое другое будет обсуждаться на X Международном навигационном форуме и 8-й Международной выставке «Навитех-2016» в Москве.

X Международный навигационный форум представляет собой центральное событие года в области коммерческого использования спутниковых навигационных технологий и, прежде всего, российской навигационной системы ГЛОНАСС.

8-я Международная выставка «Навитех-2016» является уникальным специализированным проектом, где представлены мировые лидеры рынка спутниковой навигации, навигационно-информационных технологий, геодезии и картографии.

X Международный навигационный форум пройдёт с 11 по 12 мая 2016 года, 8-я Международная выставка «Навитех» состоится с 10 по 13 мая 2016 года в ЦВК «Экспоцентр» (Москва). ●



## CompactPCI ■ Компьютеры специального назначения

**Блочные корпуса** с различными механическими характеристиками, в том числе с ударопрочностью до **25g**

Эффективное электромагнитное экранирование

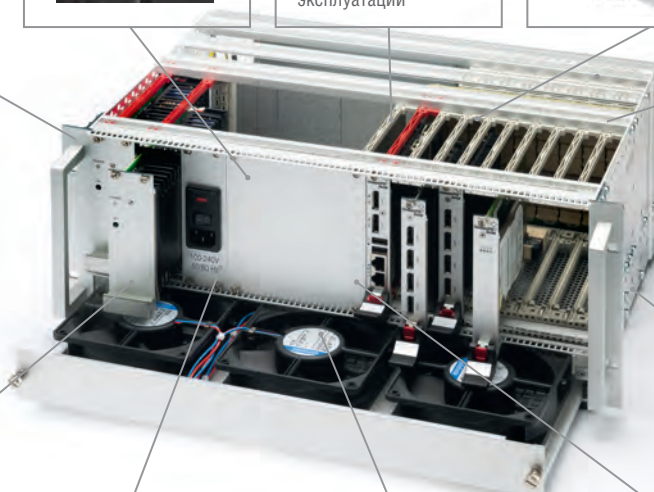
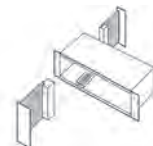


**Процессорные модули PICMG 2.0, 2.16, 2.30; CPCI-S.0 (Serial)** на различных процессорных платформах AMD и Intel для работы в жестких условиях эксплуатации

**Кросс-платы и модули расширения PICMG 2.0, 2.16, 2.30, CPCI-S.0 (Serial)**



Подключение модулей тыльного ввода-вывода



**Источники питания** одинарные или резервированные; встраиваемые или в виде сменных блоков



**Панели ввода** с клеммами заземления и разъемами питания разных типов



**Вентиляторы** с возможностью «горячей» замены. Система охлаждения, в том числе с кондуктивным отводом тепла



**Лицевые панели** универсальные и заказные для вставных блоков



**Различные габариты** и варианты компоновки



### ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADVANTIX

**МОСКВА**  
**С.-ПЕТЕРБУРГ**  
**АЛМА-АТА**  
**ВОЛГОГРАД**  
**ЕКАТЕРИНБУРГ**  
**КАЗАНЬ**  
**КИЕВ**  
**КРАСНОДАР**  
**Н. НОВГОРОД**  
**НОВОСИБИРСК**  
**ОМСК**  
**САМАРА**  
**УФА**  
**ЧЕЛЯБИНСК**

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (727) 329-5121; 320-1959 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com  
Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru  
Тел.: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: +38 (044) 206-2343; 206-2478 • info@prosoft-ua.com • www.prosoft-ua.com  
Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
n.novgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru  
Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru