

## Модернизация зубодолбежного, зубофрезерного и зубошлифовального оборудования: станки с развязанной кинематикой

ООО «ЭНСИ-ТЕХ»

Описывается решение по модернизации зубообрабатывающего оборудования (зубодолбежного, зубофрезерного и зубошлифовального) на базе ПЛК L-серии (контроллера движения) Mitsubishi Electric с целью создания станка с развязанной кинематикой. Результатом модернизации стало исключение механических элементов кинематической схемы станка и замены их виртуальными кинематическими связями, что позволило повысить точность изготовления зубчатых колес до 4...6 квалитета и увеличить производительность. Также существенно снижены требования к квалификации оператора станка, так как специально разработанные экраны панели оператора позволяют программировать рабочие циклы станка посредством простого параметрирования режимов обработки и ввода необходимых размеров непосредственно с чертежа.

Ключевые слова: зубообрабатывающий станок, развязанная кинематика, зубчатое колесо, параметрирование.

На сегодняшний день в современных машинах и механизмах нормальной и повышенной точности применяются зубчатые передачи 5...7 квалитета, что обусловлено требованиями к эксплуатационным характеристикам такого оборудования. Поэтому задача повышения качества всей номенклатуры выпускаемых зубчатых колес весьма актуальна. При этом 80% зубообрабатывающих станков с механическими связями, эксплуатируемых предприятиями машиностроения, по характеристикам кинематической точности не соответствуют паспортному классу точности [1]. Причем более чем 60% из этих станков имеют точностные характеристики ниже нормального класса точности, установленного соответствующими стандартами (ГОСТ 659-67, ГОСТ 658-67 и т. п.). Поэтому максимальная точность шестерни, изготовленной на старом станке с механическими звеньями, не превышает 7 квалитета.

На кинематическую точность зубообрабатывающих станков с механическими связями большое влияние оказывает такой параметр, как крутильная жесткость (суммарный угол поворота оси инструмента относительно оси нарезаемой заготовки). Крутильная жесткость определяется протяженностью цепи (суммарная длина валов может достигать 15 метров) и жесткостью стыков в кинематических парах. Кроме того, в таких станках выявляются эксцентриситеты зубчатых и винтовых передач, их накопленные и циклические погрешности, местные дефекты зубьев, зазоры и перекосы, люфты при реверсе, износ и повреждение подшипников и др. [2]

Зубчатые колеса с точностью на уровне 5...7 квалитета изготавливаются на станках с развязанной кинематикой. Понятие развязанной кинематики означает исключение механических элементов кинематической схемы и замены их виртуальными (электронными) кинематическими связями. Именно на станке с развязанной кинематикой число кинематических элементов, участвующих в передаче вращения от инструмента к детали, минимальное. Точность обработки на таком оборудовании зависит исключительно от возможностей инструмента. В результате модернизированный станок с развязанной кинематикой позволяет:

- добиться качества изготовления зубчатых колес в среднем на 2 квалитета выше за счет повышения крутильной жесткости;

- увеличить производительность за счет увеличения нагрузок при обработке деталей;

- увеличить срок эксплуатации станка за счет минимизации числа подверженных износу механических элементов.

Существует множество решений по модернизации зубообрабатывающего оборудования на базе функционально насыщенных систем ЧПУ. Однако для таких специальных задач, как создание станка с развязанной кинематикой, данные системы избыточны. В результате в стоимость решения включаются дополнительные функции, необходимость в которых зачастую отсутствует.

Специалисты компании «ЭНСИ-ТЕХ» (Москва) разработали экономически более рациональное решение на базе ПЛК L-серии производства Mitsubishi Electric (контроллер движения). Это решение позволяет улучшить точностные и расширить функциональные возможности станков: зубофрезерных моделей 53B30П, 5B312, 5B310П, 53A11, ABC-12 автомат; зубодолбежных — 5B160, 5A140; шлицефрезерных — 5B352П, BCN-620NC; зубошвинговальных — ВЗС-02-03 и их аналогов (рис. 1).

Главным достоинством контроллера движения является возможность создания виртуальной кинематической схемы станка, без необходимости сложного программирования взаимосвязанного движения осей. При переналадке станка оператор вместо настройки гитары шестерен задает параметры детали и инструмента, при этом контроллер движения рассчитывает передаточные отношения виртуальных редукторов, изменяя параметры кинематической схемы.

Эмулируя зубчатые зацепления, контроллер движения управляет электроприводами, которые напрямую соединены с исполнительными механизмами. Это позволяет сократить до минимума элементы кинематической цепи станка, обеспечивая повышенную жесткость несущей системы при любых режимах резания, а также возможность выбора оптимального способа и цикла обработки.

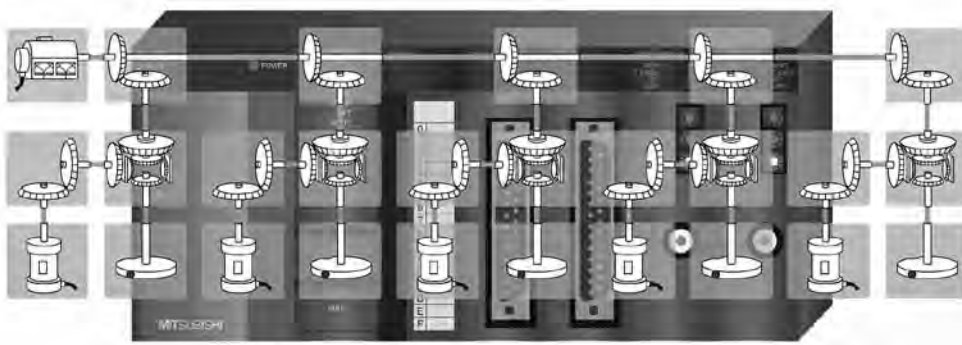


Рис. 1. Виртуальная кинематическая схема зубообрабатывающего станка

Как основной компонент системы управления, контроллер движения обеспечивает синхронизацию работы всех осей станка. При управлении любой ведущей осью движение автоматически передается на ведомую ось в соответствии с заданной виртуальной кинематической схемой. Плавность перемещения инструмента обеспечивается за счет функций подавления вибраций и автонастройки контуров регулирования приводов серии MR-J4.



Рис. 2. Экран наладки

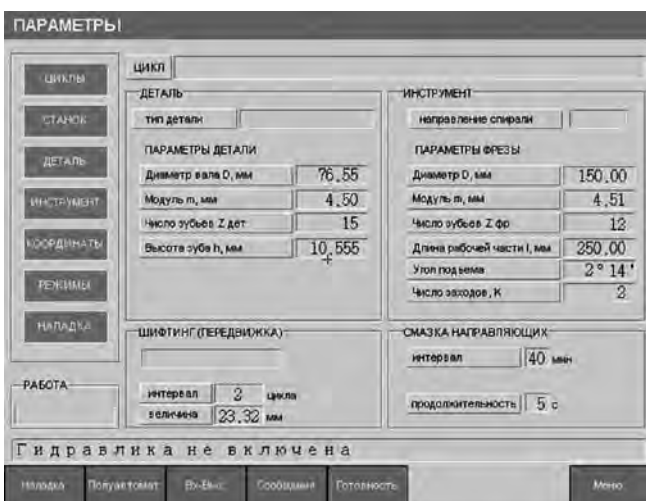


Рис. 3. Экран ввода параметров

Моделирование кинематической схемы станка выполняется на стадии разработки управляющей программы в специализированном программном обеспечении. Специальная библиотека механических узлов и механизмов позволяет описывать любые кинематические связи и содержит такие элементы, как программируемые кулачки, редукторы разных типов, муфты, и т. п.

Кроме того, в режиме наладки контроллер движения (рис. 4) позволяет управлять каждой осью отдельно путем задания параметров движения (скорость движения, конечная точка движения, тип движения — инкрементное или абсолютное).

В отличие от станков с ЧПУ со стандартным интерфейсом оператора, для зубообрабатывающего оборудования разработаны интуитивно понятные экраны управления. В результате программирование циклов обработки выполняется с помощью простого параметрирования и ввода размеров непосредственно с чертежа (рис. 2,3). В системе управления предусмотрены рабочие циклы для обработки цилиндрических зубчатых колес с косым, прямым и бочкообразным зубом. Графический интерфейс разработан таким образом, что специалист, не обладающий квалификацией оператора станка с ЧПУ, может выполнять все операции свойственные данному оборудованию.

Применение контроллера движения (рис. 4) позволило значительно упростить процесс управления станками со сложной кинематикой и повысить качество обработки зубчатых колес. При этом использование в системе управления компонентов Mitsubishi гарантирует высокую надежность и прогрессивность решения.

На сегодняшний день зубообрабатывающие станки с развязанной кинематикой, оснащаемые систе-

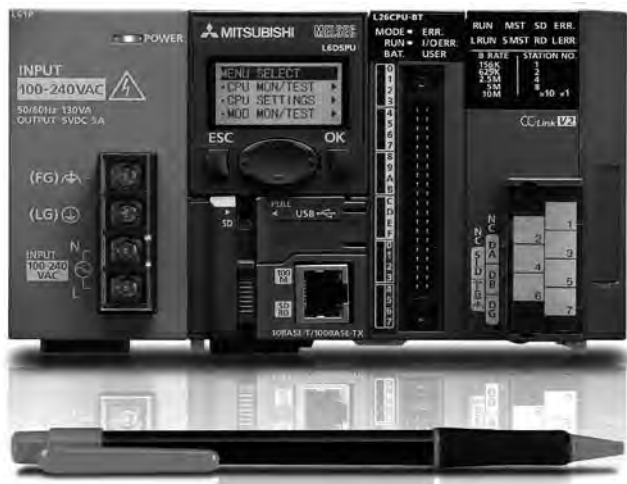


Рис. 4. ПЛК L-серии Mitsubishi Electric (мышь контроллер)

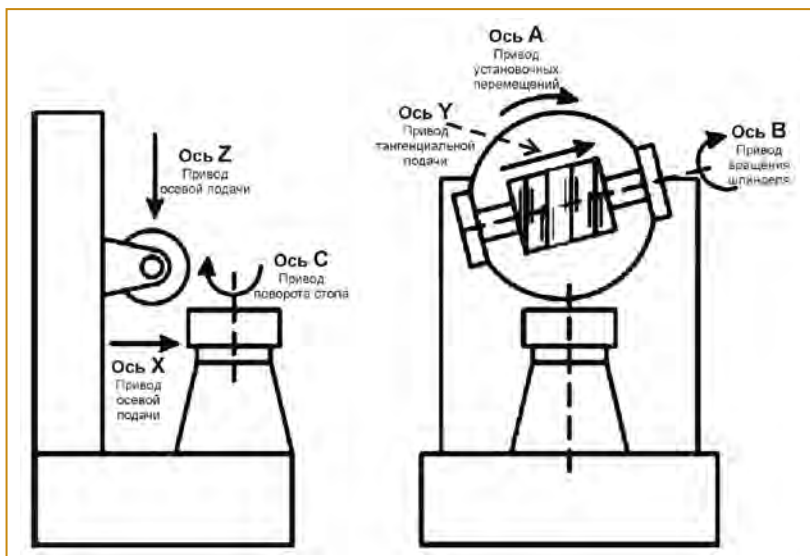


Рис. 5. Структурная схема модернизированного для ОАО «Минский автомобильный завод» станка ВС-Б30Ф4

мой управления от «ЭНСИ-ТЕХ», успешно внедрены в серийное производство крупных предприятий автомобилестроения, таких как МАЗ, БелАЗ, Автогидроусилитель и др. На рис. 5 изображена структурная схема модернизированного для ОАО «Минский автомобильный завод» зубофрезерного станка ВС-Б30Ф4. В соответствии с заданной виртуальной кинематической схемой исполнительные механизмы (оси X, Y, Z, B, C) станка ВС-Б30Ф4 приводятся в движение серводвигателями. Привод оси A не участвует в кинематической схеме станка и предназначен для установочных перемещений на угол поворота суппорта.

В результате модернизации:

- точность нарезания шестерни достигает 5...6 качества без дополнительной подготовки станка, а в случае выполнения работ по увеличению жесткости конструкции станка возможно изготовление зубчатых колес по 4 качеству точности;
- реализована возможность обработки цилиндрических зубчатых колес с прямым, косым и бочкообразным зубом;
- благодаря модернизации производительность станка стала ограничиваться только возможностями инструмента;
- значительно сократилось время переналадки по сравнению со станком с механическими связями;
- существенно снизились требования к квалификации оператора станка.

На сегодняшний день целесообразность модернизации обусловлена высокой стоимостью новых зубообрабатывающих станков. Представленный проект доказывает, что эффективная модернизация — это самый короткий путь к получению оборудования, отвечающего современным требованиям.

**Список литературы**

1. Асанов С.И. Прибор для оценки кинематической погрешности зуборезного оборудования в производственных условиях // СТИН. 2006. №2. С.26-29.
2. Бушуев В.В., Молодцов В.В. Роль кинематической структуры станка в обеспечении требуемой точности обработки изделия // СТИН. 2010. № 6. С. 6-9.

*Контактный телефон ООО «ЭНСИ-ТЕХ», авторизованного дистрибьютора Mitsubishi Electric CNC (495) 748-01-91, факс (495) 748-01-92.*

## ПРИГЛАШЕНИЕ



**Компания Mitsubishi Electric приглашает Вас посетить стенд на выставке «Металлообработка-2015», которая состоится 25–29 мая 2015 г. в ЦВК «Экспоцентр», г. Москва**

В этом году на стенде компания Mitsubishi Electric совместно с CNC департаментом представит новинки 2015 года:

- Контроллеры серии FX5, IQ-R и модули управления движением для них.
- Панели оператора серии GOT2000, GOT Simple.

Кроме этого на стенде будут функционировать сразу несколько демонстрационных стендов для разного рода задач:

1. Демонстрация «Летучие ножницы», где будет наглядно представлена синхронизация 3-х сервоосей.
2. Демонстрация возможностей роботов – манипуляторов.
3. Демонстрация с 2-мя комплектами системами ЧПУ (с осевыми сервоприводами и шпиндельным мотором).
4. Демонстрация с оперативной системой управления станком от компании Техникон.

**Адрес стенда: Экспоцентр, павильон 8 зал 2, стенд № 82A16;**  
 Зарегистрироваться для посещения выставки и получить бесплатный билет можно по адресу <http://www.metobr-expo.ru/visitors/tickets/>



25–29.05

МЕТАЛЛО  
ОБРА  
БОТКА  
2015

ЭКСПОЦЕНТР  
МОСКВА

