

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.9.04:621.833.06

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЗУБОДОЛБЛЕНИЯ ПРИ КАСАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ВРЕЗАНИЯ

канд. техн. наук, проф. А.И. ГОЛЕМБИЕВСКИЙ
(Полоцкий государственный университет)

Рассмотрена кинематика способа обкатного зубодолбления при касательном движении врезания последовательно на двух позициях, обеспечивающая возможность совмещения установки каждой последующей заготовки с обработкой предшествующей, что обеспечивает повышение производительности обработки. Показана нерациональность реализации этого способа в конструкции зубодолбежного станка с касательным врезанием с двумя делительными столами на базе традиционных механических связей, содержащих большое количество органов настройки, зубчатых передач, переключающих механизмов и дифференциала. Сделан вывод о целесообразности разработки станка такого типа с электронными связями между исполнительными органами с использованием центрального командоаппарата или программируемого контроллера для управления циклом работы станка. Разработана на основе интегральных элементов схема отслеживающей синхронизации системы управления приводами подачи функционально связанных исполнительных органов зубодолбежного станка. Предложена для повышения точности функционирования схема двухсторонней коррекции управляющего сигнала ведущей координаты (шпинделя долбяка) по эталонному сигналу, а ведомых координат (делительных столов) – по задающему сигналу ведущей координаты. Рассмотренная схема при обработке каждой последующей заготовки обеспечивает автоматическое изменение направления движения профилирования. В итоге создаются одинаковые условия резания обеими боковыми режущими кромками зубьев долбяка, что обеспечивает повышение периода размерной стойкости инструмента.

Введение. В работе [1] предложен способ нарезания зубчатых колес долбяком, позволяющий обработку каждой последующей заготовки совместить с обработкой предшествующей. По этому способу (рис. 1) заготовки 1 и 2 размещают в плоскости, отстоящей от плоскости касательного врезания 3 на расстоянии r , равном половине диаметра делительной окружности долбяка 4. В процессе обработки долбяк совершает поступательно-возвратное движение Π_1 скорости резания и синхронное с ним движение «отскока» Π_2 в плоскости, перпендикулярной направлению движения врезания. Профилирование заготовки 1 осуществляется согласованными вращательными движениями B_3 заготовки и B_4 долбяка в течение одного оборота заготовки после прекращения движения врезания. После завершения профилирования заготовки 1 в движении Π_1 выводится в крайнее верхнее положение, движение B_4 долбяка реверсируется (движение B_4^1), а движение B_3 заготовки 1 прекращается. Затем движением Π_5 на ускоренном ходе заготовки совместно перемещаются в положение, соответствующее исходному для обработки заготовки 2, где движение Π_5 переключается на подачу врезания, долбяку 4 сообщается движение Π_1 , а заготовке 2 – движение B_6 , согласованное с движением Π_5 , и движение B_6^1 , согласованное с движением B_4^1 долбяка 4. Этап врезания продолжается до тех пор, пока ось долбяка не переместится на линию $B-B$, соответствующую окончанию врезания на высоту зуба нарезаемого колеса. В этом положении движение Π_5 прекращается, одновременно прекращается согласованное с ним движение B_6 заготовки 2, и на втором этапе в течение одного оборота заготовки осуществляется профилирование ее зубьев движением обката, состоящим из согласованных вращательных движений B_4^1 долбяка и B_6^1 заготовки. Во время профилирования заготовки 2 заменяется обработанное зубчатое колесо новой заготовкой 1. После завершения профилирования заготовки 2 долбяк выводится в крайнее верхнее положение

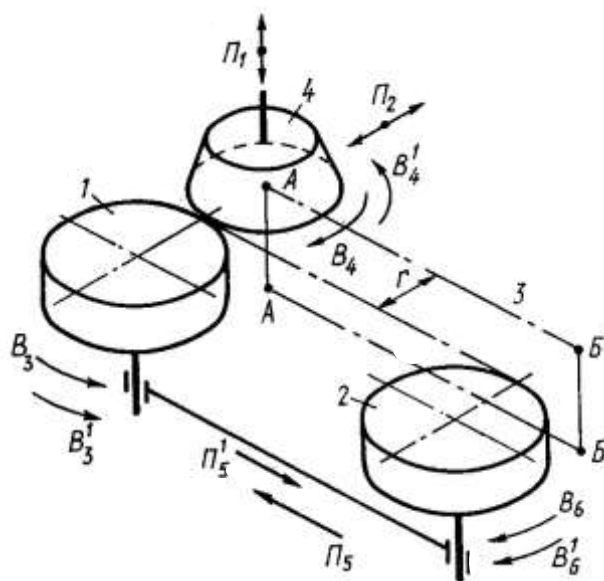


Рис. 1. Способ последовательного зубодолбления при касательном движении врезания

заготовки совместно перемещаются в положение, соответствующее исходному для обработки заготовки 2, где движение Π_5 переключается на подачу врезания, долбяку 4 сообщается движение Π_1 , а заготовке 2 – движение B_6 , согласованное с движением Π_5 , и движение B_6^1 , согласованное с движением B_4^1 долбяка 4. Этап врезания продолжается до тех пор, пока ось долбяка не переместится на линию $B-B$, соответствующую окончанию врезания на высоту зуба нарезаемого колеса. В этом положении движение Π_5 прекращается, одновременно прекращается согласованное с ним движение B_6 заготовки 2, и на втором этапе в течение одного оборота заготовки осуществляется профилирование ее зубьев движением обката, состоящим из согласованных вращательных движений B_4^1 долбяка и B_6^1 заготовки. Во время профилирования заготовки 2 заменяется обработанное зубчатое колесо новой заготовкой 1. После завершения профилирования заготовки 2 долбяк выводится в крайнее верхнее положение

ние, движение B_4^1 реверсируется (движение B_4), а движение B_6^1 заготовки 2 прекращается. Затем движением Π_5^1 на ускоренном ходе обе заготовки перемещаются в положение для обработки заготовки 1. В этом положении движение Π_5^1 переключается на подачу врезания, долбяку 4 сообщается движение Π_1 , а заготовке 1 – движение B_3^1 , согласованное с движением Π_5^1 , и движение B_3 , согласованное с движением B_4 долбяка. Этап врезания продолжается до тех пор, пока ось долбяка 4 не переместится на линию $A - A$. В этом положении движение Π_5^1 и согласованное с ним движение B_3^1 заготовки 1 прекращаются, и в течение полного оборота заготовки 1 осуществляется профилирование ее зубьев движением обката, состоящим из согласованных движений B_3 заготовки 1 и B_4 долбяка. Одновременно на этапе профилирования заготовки 1 устанавливается заготовка 2 вместо обработанной и т.д.

Рассмотренный способ зубодолбления, в отличие от первообразного [2], позволяет повысить производительность обработки зубчатых колес за счет совмещения вспомогательного времени, необходимого для замены нарезанного зубчатого колеса очередной заготовкой, с машинным временем обработки на другой позиции.

Постановка задачи. При касательном врезании путь врезания всегда больше, чем при зубодолблении с радиальным врезанием, так как зависит не только от модуля, но и от суммы чисел зубьев нарезанного колеса и долбяка. Следовательно, машинное время этапа касательного врезания также всегда больше. Поэтому подачу касательного врезания необходимо назначать иначе, чем при зубодолблении с радиальным врезанием. Возможно следующее решение этой задачи.

По сложившейся традиции врезание осуществляется одновременно с профилированием (обкатом). Причем радиальную подачу врезания устанавливают равной 0,1...0,3 значения круговой подачи. Следовательно, процесс зубодолбления на этапе врезания производится при суммарной подаче, векторное значение которой определяется из выражения:

$$s_{\Sigma} = \sqrt{s_k^2 + s_{\text{вр}}^2},$$

где s_{Σ} – суммарная подача; s_k – подача круговая, или профилирования; $s_{\text{вр}}$ – подача врезания.

Считая, что суммарная подача на этапе врезания лимитирует технологическую надежность станка, можно уменьшить машинное время выполнения этого этапа посредством перехода к варианту последовательного выполнения врезания и профилирования, установив значение подачи врезания равным суммарной подаче (например, среднее ее значение), составляющее 1,2 значения круговой подачи.

Реализация приведенного изменения правил выполнения подач на станках с механическими связями [1], содержащими две гитары зубчатых колес для настройки внутренних связей групп врезания и профилирования, планетарный дифференциал, соединяющий внутренние связи обеих групп, и ряд одиночных зубчатых передач, нерациональна. Поэтому для решения задачи представляется целесообразной замена кинематических связей между исполнительными органами станка электронными связями между электродвигателями их приводов.

Разработка системы управления. На рисунке 2 приведена структурная схема зубодолбежного станка с гидравлическим приводом продольного стола, унифицированного с выпускаемым в Республике Беларусь станком модели ВС-122. На продольном столе 1 в плоскости подачи врезания Π_4 установлены делительные столы 2 и 3. Привод позиционирования продольного стола 1 осуществляется посредством симметричного гидроцилиндра двухстороннего действия 4, соединенного с гидростанцией 5 через реверсивный золотник 6, управляемый электромагнитами 7 и 8, а привод касательного врезания – гидроцилиндрами 9 и 10, расположенными с противоположных сторон продольного стола 1. Гидроцилиндры соединены с гидростанцией 5 через реверсивные золотники 11 и 12, управляемые электромагнитами соответственно 13, 14 и 15, 16. В трубопроводах гидроцилиндров 9 и 10 установлены регуляторы (органы настройки) 17 и 18 подачи касательного врезания. Приводы круговых подач делительных столов 2 и 3 осуществляются от электродвигателей M_2 и M_3 через делительные передачи 20 и 21. Привод поступательно-возвратного движения шпинделя 22, несущего долбяк, осуществляется электродвигателем M_1 через кулисный механизм 23, а привод круговых подач шпинделя – через делительную передачу 24 от электродвигателя M_4 .

На делительных передачах исполнительных органов – шпинделе, продольном и круговых столах – установлены импульсные измерительные преобразователи 25, 26, 27, 28, предназначенные для преобразования прямолинейного перемещения продольного стола и круговых частот вращения шпинделя и делительных столов в последовательности импульсов, сообщаемых в электронную систему функциональных связей приводов исполнительных органов.

Для связи со схемой цикловой автоматики станок оснащен счетчиками числа зубьев (СЗ) 29 и 30, расположенными на делительных передачах 20 и 21, и конечными выключателями (ВК) 31 – 34, которым соответствуют упоры 35 – 38, установленные на продольном столе 1.

Система управления состоит из устройства функциональных связей исполнительных органов и устройства цикловой автоматики. Коммутация связей осуществляется через центральный командоаппарат или программируемый контроллер.

Устройство функциональных связей обеспечивает согласование движений исполнительных органов в сложных кинематических группах $\Phi_5(B_2B_3)$ и $Bp(\Pi_4B_1^3)$, воспроизводящих зацепление двух зубчатых колес и рейки с колесом. Ведущими координатами в указанных группах являются шпиндель и продольный стол, а ведомыми координатами – делительные столы. Сигнал управления продольным столом воспроизводится гидросхемой, обеспечивающей движение позиционирования с постоянной скоростью и настраиваемое движение подачи врезания.

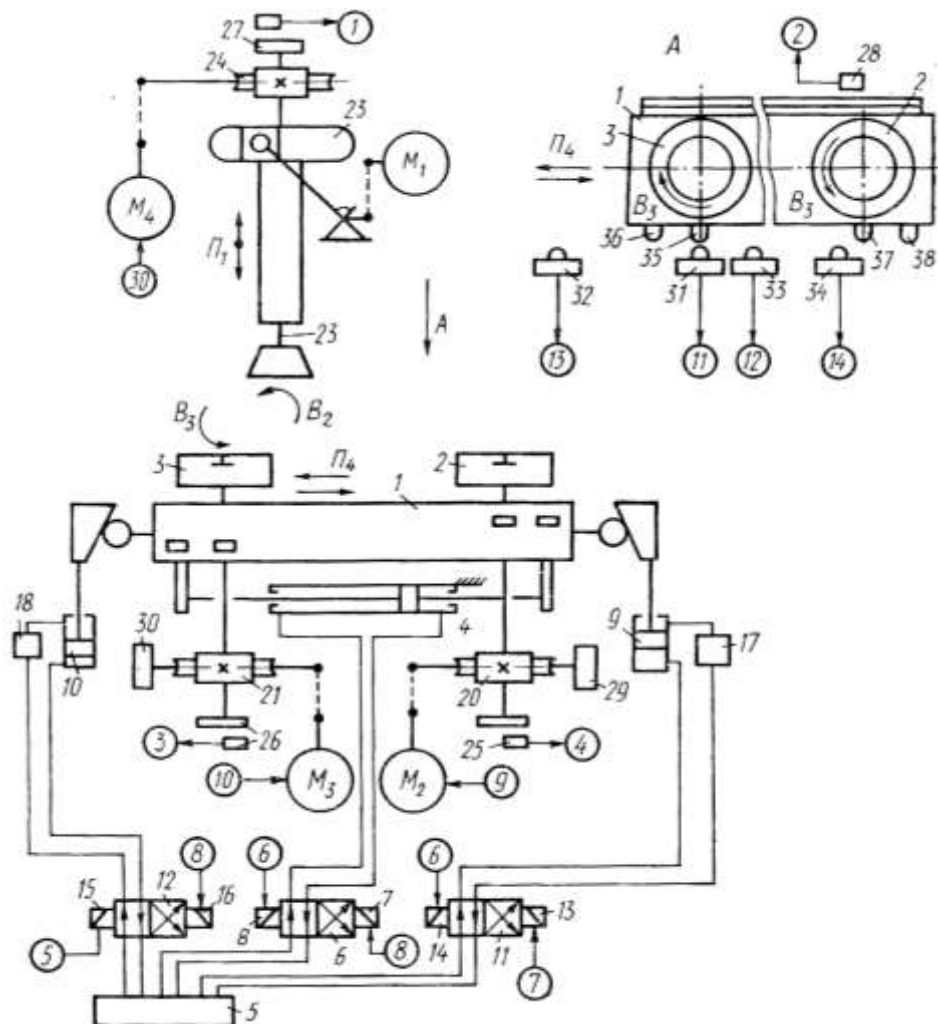


Рис. 2. Схема приводов двухстолового зубодолбежного станка

Сигнал управления шпинделем воспроизводится электронным формирователем на базе типовых интегральных элементов (рис. 3), выполненным по схеме равнозначных координат [3] с автоматической двухсторонней коррекцией погрешности его привода. Эталонный генератор 1 соединен посредством элемента И 2, управляемого потенциальным сигналом с входом делителя частоты, состоящего из счетчика импульсов 3 и блока установки коэффициента деления 4, выполняющего функцию органа настройки круговой подачи шпинделя. Выход счетчика 3 соединен с первыми входами знакового 5 и фазового 6 дискриминаторов, а через импульсно-аналоговый преобразователь 7 – с первым положительным входом параллельного сумматора 8. Вторые входы дискриминаторов 5 и 6 соединены с импульсным измерительным преобразователем, установленным на шпинделе. Выход фазового дискриминатора 6 соединен через импульсно-аналоговый преобразователь 9 с аналоговыми входами элементов И 10 и 11, управляемых соответственно положительным и отрицательным потенциалами, а выход знакового дискриминатора 5 – с потенциальными входами этих элементов. Выходы элементов И 10 и 11 соединены соответственно с отрицательным и положительным входами параллельного сумматора 8, выход которого через усилитель мощности 12 соединен с электродвигателем привода круговой подачи шпинделя. При подаче потенциала на управляющий вход элемента И 2 импульсный сигнал с эталонного генератора 1 поступает на вход счетчика 3 делителя частоты, где происходит его деление в соответствии с заданным на блоке 4

коэффициентом деления. Сигнал с выхода счетчика 3 после преобразования его в импульсно-аналоговом преобразователе 7 в постоянное напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала, поступает через параллельный сумматор 8 и усилитель мощности 12 на электродвигатель привода круговой подачи шпинделя. Одновременно для устранения девиации механики этого привода осуществляется коррекция управляющего сигнала. На первые входы дискриминаторов 5 и 6 непрерывно поступает задающий сигнал со счетчика 3, а на вторые входы этих дискриминаторов – импульсный сигнал с импульсного измерительного преобразователя, установленного на шпинделе, соответствующий мгновенному значению круговой подачи. В дискриминаторах непрерывно происходит сравнение обоих сигналов. В результате на выходе фазового дискриминатора 6 образуется сигнал абсолютной погрешности, который

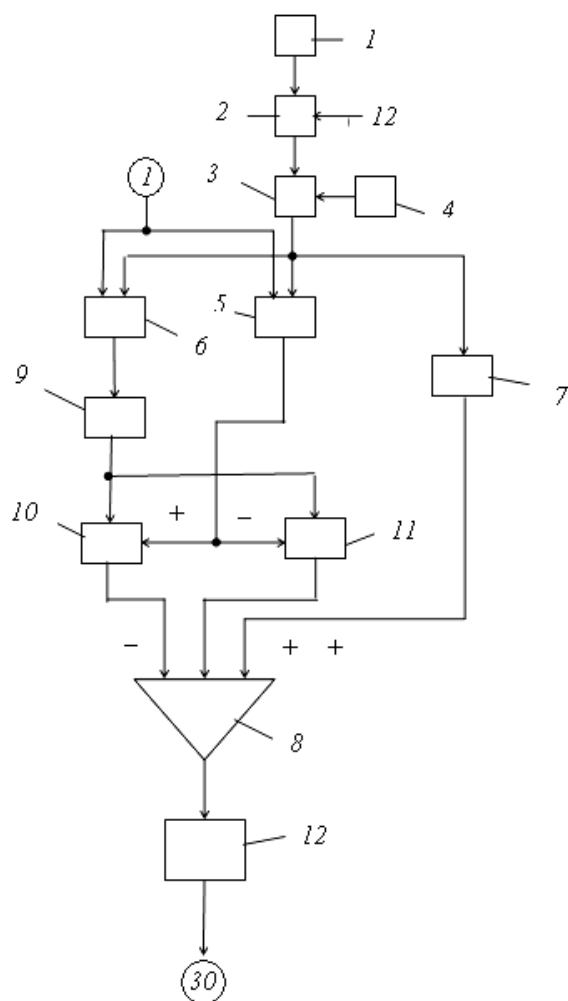


Рис. 3. Блок-схема формирователя сигнала управления приводом вращения шпинделя

после преобразования в импульсно-аналоговом преобразователе 9 поступает на аналоговые входы элементов И 10 и 11. Одновременно на выходе знакового дискриминатора 5 непрерывно образуется отрицательный потенциал при отставании шпинделя от заданного значения и положительный потенциал – при опережении. Этот потенциал поступает на потенциальные входы элементов И 10 и 11 и открывает один из них. При открывании элемента И 11, управляемого отрицательным потенциалом, сигнал с его выхода поступает на второй вход сложения параллельного сумматора 8, а при открывании элемента И 10, управляемого положительным потенциалом, сигнал с его выхода поступает на вход вычитания этого сумматора. В итоге в зависимости от знака погрешности в параллельном сумматоре происходит увеличение или уменьшение задающего сигнала, действующего на его первом входе, т.е. происходит его двухсторонняя автоматическая коррекция относительно номинального значения.

Формирователь сигнала управления ведомых координат – делительных столов (рис. 4) – выполнен по схеме отслеживающей синхронизации [4]. Задатчиками для делительных столов являются импульсные измерительные преобразователи 27 и 28, установленные соответственно на делительных передачах шпинделя и продольного стола. Импульсный измерительный преобразователь 27 соединен с входом элемента ИИ 1, имеющим два аналоговых управляющих входа и два выхода. Один выход этого элемента соединен с входом делителя частоты 2, а другой – с входом умножителя частоты 3. Выходы делителя частоты 2 и умножителя частоты 3 объединены и соединены с входом элемента И 4, управляемого аналоговым сигналом, и с первыми входами фазового 5 и знакового 6 дискриминаторов. Импульсный измерительный

преобразователь 28 соединен с входом делителя частоты 7, у которого выход соединен с входом элемента ИИ 8, управляемого аналоговым сигналом. Выходы элементов ИИ 4 и 8 объединены и соединены с входом импульсно-аналогового преобразователя 9, соединенного своим выходом с первым положительным входом параллельного сумматора 10. Импульсные измерительные преобразователи, установленные на делительных передачах ведомых координат (делительных столов) соединены через элемент ИЛИ 11 с входом элемента ИИ 12, выход которого соединен с вторыми входами фазового 5 и знакового 6 дискриминаторов. Выход знакового дискриминатора 6 соединен с потенциальными входами элементов ИИ 13, и 14, управляемых соответственно отрицательным и положительным потенциалами. Выход элемента ИИ 13 соединен с вторым положительным входом параллельного сумматора 10, а выход элемента ИИ 14 – с отрицательным входом этого сумматора. Выход фазового дискриминатора 5 через импульсно-аналоговый преобразователь 15 соединен с аналоговыми входами элементов ИИ 13, 14. Выход параллельного сумматора 10 через усилитель мощности 16 и ключ 17, имеющий два управляющих входа и два выхода, соединен с электродвигателями ведомых координат (делительных столов).

Формирователь сигнала управления ведомых координат соединен с устройством цикловой автоматики посредством элементов ИЛИ 18, 19 и 20, через которые на управляющие входы элементов И 4, 8 и ключ 17 подаются по циклу обработки управляющие потенциалы на этапах врезания и профилирования.

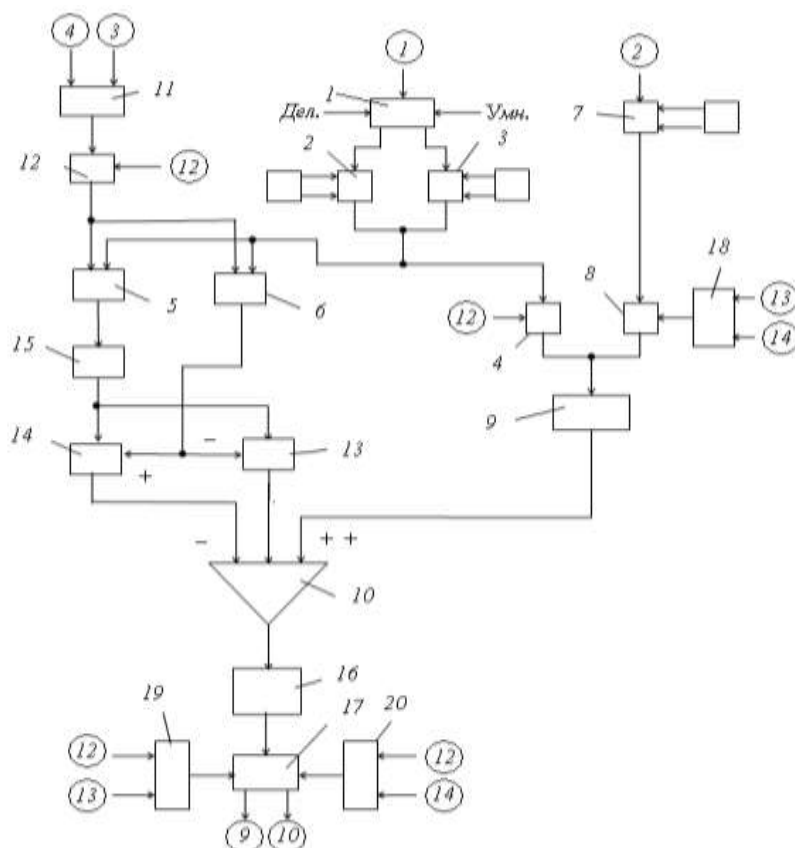


Рис. 4. Блок-схема формирователя сигнала управления приводами делительных столов

Делители частоты 2 и 7 аналогичны делителю частоты, используемому в схеме формирования сигнала управления привода круговых подач шпинделя. Умножитель частоты 3 состоит из счетчика импульсов и блока установки коэффициента умножения. Выбор делителя частоты 2 или умножителя частоты 3 зависит от передаточного отношения функциональной связи долбяк – заготовка:

$$i_x = c \frac{z_d}{z},$$

где i_x – передаточное отношение станочного зацепления; c – коэффициент, зависящий от передаточного отношения делительных передач; z_d и z – числа зубьев соответственно долбяка и нарезаемого колеса.

В практике зубодолбления $z \geq cz_d \geq z$. Поэтому при $cz_d < z$ ключом 5 устанавливаем связь импульсного измерительного преобразователя 20 с делителем частоты 6, при $cz_d > z$ – с умножителем частоты 7. При $cz_d = z$ эта связь может устанавливаться с любым из этих блоков при условии установки коэффициента деления или умножения равным единице.

Таким образом, блоки установки коэффициента деления или умножения соответственно в делителе частоты 2 или в умножителе частоты 3 выполняют функцию органа настройки на круговую подачу делительных столов станочного зацепления долбяк – заготовка, а совместно с делителем частоты шпинделя – органа настройки на траекторию этого зацепления. Блок установки коэффициента деления делителя 7 выполняет функцию органа настройки на дополнительный поворот делительных столов на этапе врезания.

Устройство цикловой автоматики (рис. 5) состоит из ключей 1 – 4, аналоговые входы которых объединены и соединены с источником питания 5. Выход ключа 1 соединен с электромагнитами 7 и 16 реверсивных золотников 6 и 12; выход ключа 2 – с электромагнитами 8 и 14 реверсивных золотников 6 и 11; выход ключа 3 – с электромагнитом 13 реверсивного золотника 11; выход ключа 4 – с электромагнитом 15 реверсивного золотника 12. Потенциальные (управляющие) входы ключей 1 – 4 соединены с выходами триггеров соответственно 6 – 9. Первый вход триггера 6 соединен с выходом элемента ИЛИ 10, у которого второй вход соединен с ВК 32 (см. рис. 2). Второй вход триггера 6 соединен с выходом элемента И 11, у которого первый вход соединен с ВК 31, а второй вход – с выходом элемента ИЛИ 12. Первый вход триггера 7 соеди-

нен с выходом элемента *ИЛИ* 13, соединенного вторым входом с *БК* 34. Второй вход триггера 7 соединен с выходом элемента *И* 14, у которого первый вход соединен с *БК* 33, а второй вход – с выходом элемента *ИЛИ* 12. Первый вход элемента *ИЛИ* 12 соединен с кнопкой «Пуск» пульта управления станка (ПУ), а второй – с выходом реле времени 15. Первый вход триггера 8 соединен с выходом элемента *ИЛИ* 16, у которого второй вход соединен с *БК* 33. Второй вход триггера 8 соединен с выходом элемента *И* 17, соединенного первым входом с *БК* 32, а вторым входом через элемент *НЕ* – с выходом триггера 7. Первый вход триггера 9 соединен с выходом элемента *ИЛИ* 19, соединенного вторым входом с *БК* 31. Второй вход триггера 9 соединен с выходом элемента *И* 20, у которого первый вход соединен с *БК* 34, а второй вход через элемент *НЕ* 21 – с выходом триггера 6. Первый вход триггера 22 соединен с выходом элемента *ИЛИ* 23, соединенного вторым входом с выходом *СЗ* 29. Второй вход триггера 22 соединен с *БК* 33. Выход триггера 22 соединен с *СЗ* 29. Первый вход триггера 24 соединен с выходом элемента *ИЛИ* 25, соединенного вторым входом с выходом *СЗ* 30. Второй вход триггера 24 соединен с *БК* 31. Выход триггера 24 соединен с входом *СЗ* 30. Выходы *СЗ* 29 и 30 соединены также с входами элемента *ИЛИ* 26, выход которого соединен с реле времени 15 и ПУ. Первые входы элементов *ИЛИ* 10, 13, 16, 19, 23, 25 соединены с блоком 27 начальной установки триггеров.

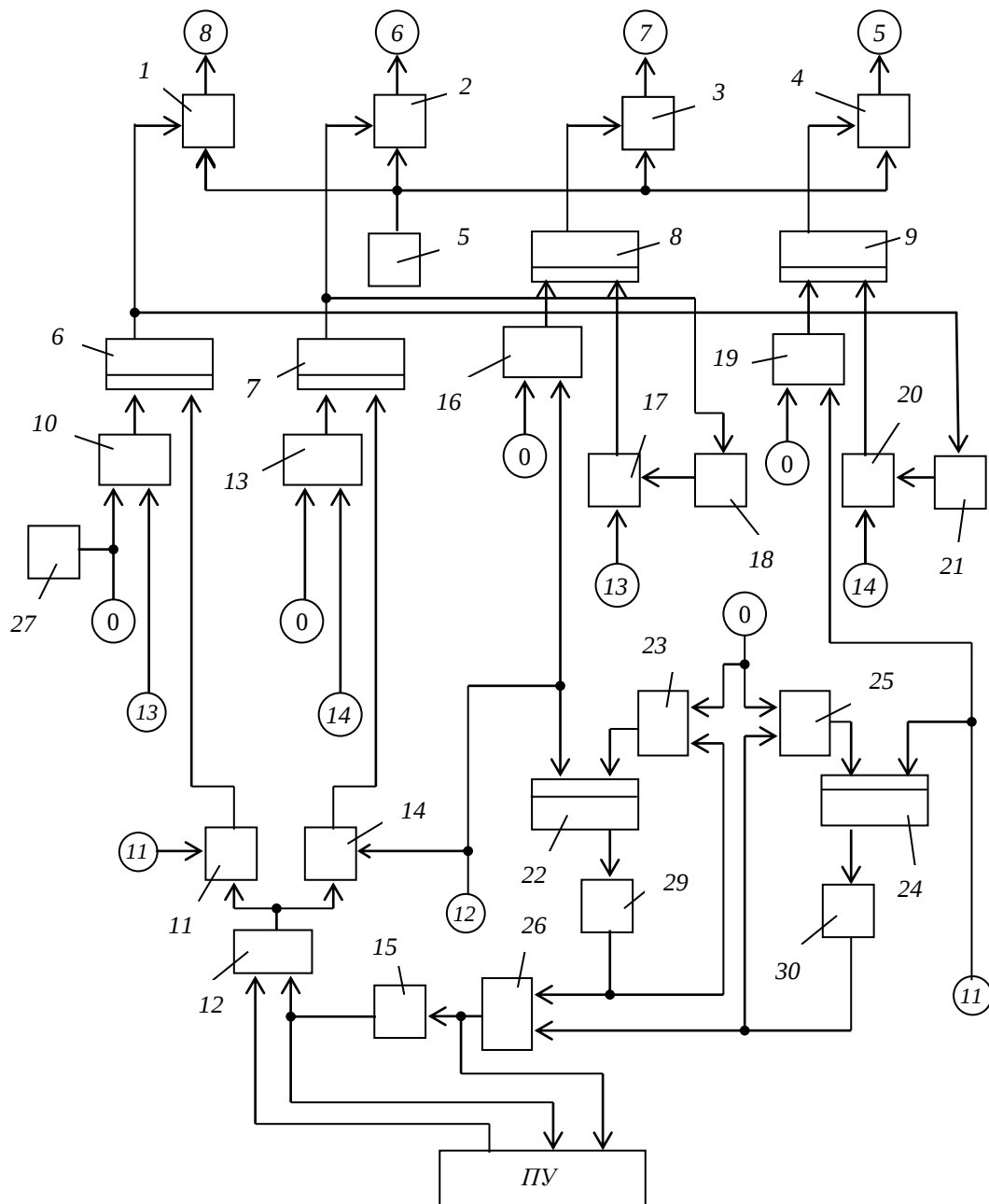


Рис. 5. Блок-схема циклового автомата

Схема управления работает следующим образом. После включения схемы триггеры 6 – 9, 22, 24 устанавливаются в исходное состояние сигналом с блока 27 начальной установки через соответствующие элементы ИЛИ. При нажатии кнопки «Пуск» на первый вход элемента ИЛИ 22 поступает управляющий сигнал P , который после прохождения через открытый по первому входу сигналом от ВК 31 элемент И 11 поступает на второй вход триггера 6. На его выходе устанавливается сигнал, открывающий ключ 1, который соединяет с блоком питания 5 электромагниты 7 и 16 реверсивных золотников 6 и 12. Электромагниты перемещают плунжеры золотников, и поток масла из гидростанции 5 поступает в гидроцилиндры 4 и 10. Гидроцилиндр 4 сообщает движение P_4 (на рис. 2 – влево) позиционирования продольному столу 1, а гидроцилиндр 10 выводит свою ползушку в исходное положение. При набегании упора 36 на ВК 32 на последнем появляется сигнал, который поступает через элемент ИЛИ 10 на первый вход триггера 6 и на первый вход элемента И 17. Сигнал на выходе триггера 6 сбрасывается, и ключ 1 отключает электромагниты 7 и 16. Одновременно сигнал, поступивший на первый вход элемента И 17, открытого по второму входу сигналом с выхода элемента НЕ 18, поступает на второй вход триггера 8, устанавливая на его выходе сигнал, открывающий ключ 3. Этот ключ соединяет с блоком питания электромагнит 13 реверсивного золотника 11, который обеспечивает поток масла из гидростанции 5 в рабочую полость гидроцилиндра 9 подачи врезания. В итоге продольный стол 1 в движении P_4 переключается с позиционирования на врезание. Одновременно сигнал с ВК 32 через ПУ включает электродвигатель M_1 привода поступательно-возвратного движения P_1 шпинделя долбяка и открывает через элемент ИЛИ 18 элемент И 8, а через элемент ИЛИ 19 – ключ 17 (см. рис. 4). В результате задающий сигнал с импульсного измерительного преобразователя 28 поступает на вход делителя частоты 7, где происходит его деление в соответствии с заданным значением. С выхода этого делителя сигнал через открытый по управляющему входу элемент И 8 поступает в импульсно-аналоговый преобразователь 9, где происходит его преобразование в постоянное напряжение, пропорциональное частоте входного сигнала. С выхода этого преобразователя аналоговый сигнал через первый вход-выход параллельного сумматора 10, усилитель мощности 16 и открытый по одному из управляющих входов ключ 17 сообщается электродвигателю M_2 привода делительного стола 2. В итоге на этапе врезания этот стол получает вращательное движение B_3 , согласованное с движением P_4 продольного стола 1.

Этап врезания продолжается до набегания упора 37 на ВК 33. Сигнал, появившийся на этом выключателе, поступает на первый вход элемента И 14 и через элемент ИЛИ 16 – на первый вход триггера 8. На выходе этого триггера сигнал сбрасывается, ключ 3 отключает электромагнит 13 реверсивного золотника 11 и продольный стол останавливается. Одновременно снимается сигнал с управляющего входа элемента И 8 ведомой координаты. Сигнал с ВК 33 открывает элемент И 2 ведущей координаты (см. рис. 3), элементы И 4 и через элемент ИЛИ 19 – ключ 17 ведомой координаты. Одновременно этот сигнал поступает на второй вход триггера 22, устанавливая на его выходе сигнал, который включает СЗ 29. В результате перекоммутации схемы начинается этап профилирования колеса. Задающий сигнал с импульсного измерительного преобразователя 27, установленного на шпинделе, поступает через элемент ИЛИ 1 на делитель или умножитель частоты формирователя сигнала управления ведомой координаты, где происходит его деление или умножение в соответствии с передаточным отношением станочного зацепления шпиндель – заготовка. Результирующий сигнал через открытый по управляющему входу элемент И 4 поступает на вход импульсно-аналогового преобразователя 9. Аналоговый сигнал, пропорциональный частоте входного сигнала, с выхода этого преобразователя через первый вход-выход параллельного сумматора 10, усилитель мощности 16 и открытый по управляющему входу ключ 17 поступает на вход электродвигателя M_2 делительного стола 2. Одновременно следующим образом происходит устранение девиации механики привода делительного стола посредством двухсторонней коррекции сигнала на выходе параллельного сумматора 10. На первые входы фазового 5 и знакового 6 дискриминаторов непрерывно поступает задающий сигнал с выхода делителя или умножителя частоты, а на вторые входы этих дискриминаторов через элементы ИЛИ 11 и И 12 поступает сигнал-аналог мгновенного значения действительной круговой подачи делительного стола. В дискриминаторах непрерывно происходит сравнение обоих сигналов. В результате на выходе фазового дискриминатор 5 образуется сигнал абсолютной погрешности, который после преобразования в импульсно-аналоговом преобразователе 15 поступает на аналоговые входы элементов И 13 и 14. Одновременно на выходе знакового дискриминатора 6 непрерывно образуется отрицательный потенциал при отставании делительного стола от заданного значения и положительный потенциал – при опережении. Этот потенциал поступает на потенциальные входы элементов И 13 и 14 и открывает один из них. При открывании элемента И 13 сигнал с его выхода поступает на второй вход сложения параллельного сумматора 10, а при открывании элемента И 14 сигнал с его выхода поступает на вход вычитания этого сумматора. В итоге в зависимости от знака погрешности в параллельном сумматоре происходит увеличение или уменьшение задающего сигнала, действующего на его первом входе, т.е. происходит его двухсторонняя автоматическая коррекция относительно заданного номинального значения.

Этап профилирования продолжается в течение одного оборота делительного стола 2 после прекращения врезания. За время выполнения этапа устанавливается очередная заготовка на делительном столе 3. По выполнении делительным столом одного оборота, что соответствует окончанию профилирования, на выходе СЗ 29 появляется сигнал, который через элемент ИЛИ 26 поступает в ПУ, обеспечивающий прекращение движения $П_1$ шпинделя и вывод его в крайнее верхнее положение, включает реле времени 15 и через элемент ИЛИ 23 поступает на первый вход триггера 22. На его выходе сигнал сбрасывается и СЗ 28 отключается.

Реле времени 15 задерживает начало повторения цикла обработки на другом делительном столе из исходного положения, соответствующего наличию сигнала на ВК 33, на время, необходимое для вывода шпинделя в верхнее положение.

По окончании паузы на выходе реле времени появляется сигнал, который поступает через элементы ИЛИ 12 и И 14 на второй вход триггера 7, устанавливая на его выходе сигнал, открывающий ключ 2. Этот ключ соединяет с блоком питания электромагниты 8 и 14 реверсивных золотников. Плунжеры этих золотников перемещаются, и поток масла поступает в гидроцилиндры 4 и 9. Гидроцилиндр 4 сообщает движение позиционирования $П_4$ (на рис. 2 – вправо) продольному столу 1, а гидроцилиндр 9 выводит ползушку в исходное для врезания положение. При набегании упора 38 на ВК 34 на нем появляется сигнал, который через элемент ИЛИ 13 поступает на первый вход триггера 7 и на первый вход элемента И 20, открытого по второму входу сигналом с элемента НЕ 21. На выходе триггера 7 сигнал сбрасывается, ключ 2 отключает электромагниты 8 и 14, и поток масла в гидроцилиндры 4 и 9 прекращается. С выхода элемента И 20 сигнал поступает на второй вход триггера 9, устанавливая на его выходе сигнал, включающий посредством ключа 4 реверсивный золотник 12, открывающий поток масла в гидроцилиндр 10 подачи врезания. В итоге продольный стол 1 переключается с позиционирования на подачу врезания. Одновременно сигнал с ВК 34 перестраивает структуру схемы управления, по командам которой через ПУ включаются привод движения $П_1$ шпинделя, электродвигатель $М_3$ движения ВЗ делительного стола 3 и реверсируется электродвигатель $М_4$ круговой подачи шпинделя долбяка.

Последующая работа станка на этапах врезания и профилирования заготовки на делительном столе 3 осуществляется так же, как при обработке заготовки на делительном столе 2. Однако продолжительность этапа врезания будет ограничиваться набеганием упора 35 на ВК 31, а один оборот делительного стола 3 будет отсчитываться СЗ 30, включаемым сигналом с ВК 31 через триггер 24. После обработки заготовки на делительном столе 3 сигнал с выхода реле времени 15 перестраивает схему управления для обработки очередной заготовки на столе 2 и т.д.

Выводы

1. Способ зубодолбления с касательным врезанием последовательно двух заготовок обеспечивает сокращение времени обработки за счет совмещения установки на рабочей позиции каждой последующей заготовки с обработкой предшествующей.

2. По условиям взаимодействия долбяка и заготовок при касательном врезании обязательно изменяется направление круговой подачи при обработке каждой последующей заготовки, что обеспечивает повышение периода размерной стойкости инструмента посредством обеспечения равномерного износа его входной и выходной режущих кромок.

3. Замена механических связей между исполнительными органами двухстолового зубодолбежного станка с касательным врезанием электронной системой управления на основе типовых интегральных схем между управляемыми электродвигателями их приводов создает предпосылки для снижения металлоемкости станка, существенного снижения уровня шума при работе и для оптимизации режимов резания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голембиевский, А.И. Прогрессивные способы обкатного зубодолбления и станки для их реализации / А.И. Голембиевский // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2004. – № 1. – С. 52 – 58.
2. Способ нарезания зубчатых колес: пат. 475761 (SU), МКИ² В 23F 5/00 / М. Тиксье // Открытия. Изобретения. – 1975. – № 24.
3. Устройство для синхронизации приводов шпинделя и делительного стола зубодолбежного станка: пат. 8621 Респ. Беларусь, МКИ⁵ В 23Q 15/00, В 23F 5/12 / А.И. Голембиевский: заявитель Полоцк. гос. ун-т. – опубл. 26. 07. 2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006.
4. Устройство для синхронизации приводов вращения шпинделя и делительного стола зубодолбежного станка: заявка 20010361 Респ. Беларусь, МКИ⁵ В 23Q 15/00, В 23F 5/12. / А.И. Голембиевский // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2002. – № 4 (35).

Поступила 27.04.2007