

## СТАБИЛИЗАЦИЯ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА С КОСВЕННЫМ ИЗМЕРЕНИЕМ ДИАМЕТРА КРУГА

Применение нерегулируемого электропривода для главного движения плоскошлифовальных станков по мере износа круга приводит к уменьшению скорости шлифования, если обработка ведется периферией круга. При этом уменьшается производительность, увеличивается шероховатость обрабатываемой поверхности, снижается точность обработки. Эти факторы требуют применения систем поддержания окружной скорости резания, для чего необходимо применять регулируемый электропривод, который позволяет также вести обработку трудно-обрабатываемых материалов с оптимальными режимами шлифования.

Применение регулируемого электропривода в сочетании с устройствами поддержания скорости шлифования позволяет расширить технологические возможности станков и повысить их производительность. При этом снижается себестоимость обработки, что окупает затраты на применение более дорогостоящих регулируемых электроприводов и устройств поддержания скорости шлифования постоянной.

Известные датчики задания частоты вращения шлифовального круга в функции его диаметра [3, 4] располагаются в зоне обработки, что существенно снижает их эксплуатационную надежность и точность. В связи с этим представляют интерес поиски технических решений, не связанных с расположением датчиков в зоне шлифования.

Задание скорости шлифовального круга можно осуществить, решая уравнение движения привода шлифовального круга

$$M_n - M_c = (J_{дв.} + J_k) \frac{d\omega}{dt}, \quad (1)$$

где  $M_n$  – пусковой момент проводного электродвигателя;  $M_c$  – момент сопротивления;  $J_{дв.}$  – момент инерции двигателя со шпинделем;  $J_k$  – момент инерции шлифовального круга;  $\omega$  – частота вращения двигателя.

При работе двигателя привода шлифовального круга от статического преобразователя частоты пусковой момент  $M_n$  остается постоянным на протяжении практически всего процесса пуска. Если в качестве контрольной выбрать частоту  $\omega_k$  на линейном участке динамической скоростной характеристики  $\omega_k \leq (0,4 \dots 0,5) \omega_n$  и рассматривать процесс пуска двигателя от 0 до частоты вращения  $\omega_k$ , уравнение (1) преобразуется как

$$M_n - M_c = (J_{дв.} + J_k) \frac{\omega_k}{t_p}, \quad (2)$$

где  $t_p$  – время разгона до частоты вращения  $\omega_k$ .

Момент инерции двигателя  $J_{дв.}$  является величиной постоянной. Момент инерции шлифовального круга  $J_k$  определяется его массой, размерами и определяется следующим выражением

$$J_k = m_k \rho_k^2 = m_k \frac{R_k^2 + R_o^2}{2}, \quad (3)$$

где  $m_k$  – масса шлифовального круга;  $\rho_k$  – радиус инерции круга;  $R_k$  – текущее значение радиуса шлифовального круга;  $R_o$  – радиус отверстия в шлифовальном круге.

В свою очередь, масса шлифовального круга определяется из выражения

$$m_k = \gamma B_k \pi (R_k^2 - R_o^2), \quad (4)$$

где  $\gamma$  – удельный вес материала круга;  $B_k$  – ширина шлифовального круга.

Подставляя выражения (3) и (4) в уравнение (2) и решая его относительно текущего значения радиуса круга, получим

$$R_k = \sqrt[4]{\frac{2}{\pi B_k \gamma \omega_k} t_p (M_n - M_c) - \frac{2 J_{дв.}}{\pi B_k \gamma} + R_o^4}. \quad (5)$$

Если учесть ряд постоянных величин и обозначить

$$K_1 = \frac{2}{\pi B_k \gamma \omega_k}; \quad K_2 = M_n - M_c; \quad K_3 = R_o^4 - \frac{2 J_{дв.}}{\pi B_k \gamma}, \quad \text{то выражение (5) преобразуется как}$$

$$R_k = \sqrt[4]{K_1 t_p (K_2 - M_c) + K_3}, \quad (6)$$

Таким образом, фиксируя в процессе пуска шпинделя шлифовального станка время его разгона  $t_p$  до скорости  $\omega_k$  на линейном участке динамической скоростной характеристики, можно из выражения (6) вычислить величину радиуса шлифовального круга.

Преобразуем радиус круга  $R_k$  в электрический сигнал

$$U_D = K_D D_K = 2K_D \sqrt[4]{K_1 t_p (K_2 - M_c) + K_3}, \quad (7)$$

где  $K_D = \frac{U_D}{D_K}$  – коэффициент пропорциональности между напряжением  $U_D$  и диаметром  $D_K$ . Далее можно использовать этот электрический сигнал для задания частоты вращения шлифовального круга. При пуске изношенного круга изменяется  $t_p$  и соответственно сигнал  $U_D$ . Для реализации закона поддержания постоянства скорости шлифования необходимо преобразовать величину  $U_D$  в обратнопропорциональную:  $\omega = V_p / R_k$ .

Коррекция сигнала задания частоты вращения в соответствии с предлагаемым способом осуществляется при каждом пуске шлифовального круга. Для большинства плоскошлифовальных станков шлифовальный круг пускается не режу двух раз за смену. За время между двумя пусками круг изнашивается незначительно, поэтому периодичность коррекции сигнала задания по предлагаемому способу не вносит ощутимых погрешностей в точность поддержания постоянной скорости шлифования.

Блок-схема устройства задания скорости шлифовального круга представлена на рис. 1.

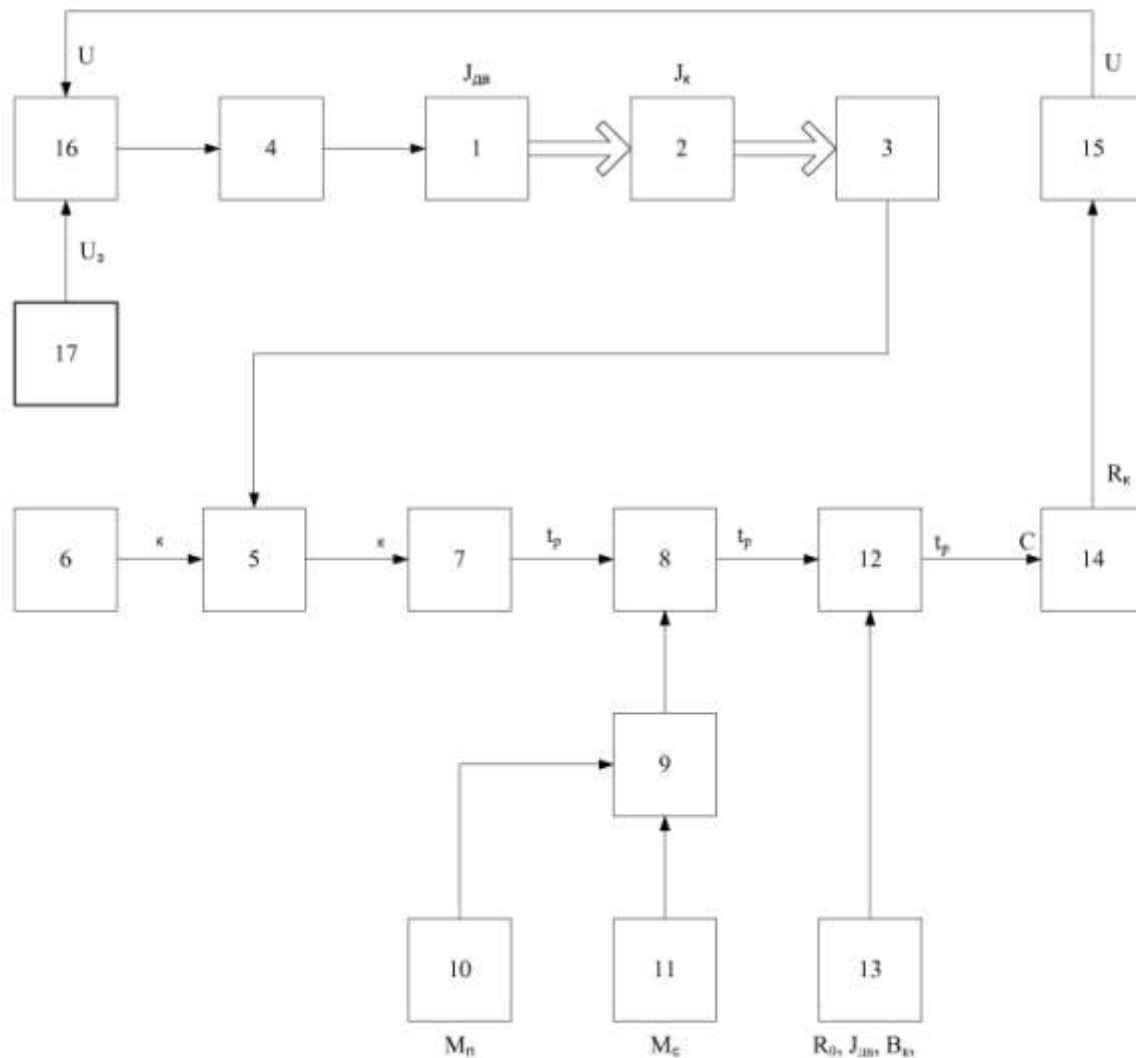


Рис. 1. Блок-схема устройства задания скорости шлифования круга

Пуск шпинделя станка осуществляется с помощью тиристорного преобразователя 4, питающим двигатель привода 1 с укрепленным на его валу шлифовальным кругом 2 и тахогенератором 3. Одновременно с началом разгона выходным сигналом нуля-органа 5 включаются блок отсчета времени разгона 7. Когда в процессе разгона частота вращения  $\omega$  круга 2 становится выше задаваемого блоком 6 контрольного значения  $\omega_c$ , нуль-орган 5 срабатывает и прекращает блоком 7 отсчет времени.

Величина  $t_p$  преобразуется в электрический сигнал и фиксируется. В случае применения серводвигателя в блоке 7, при срабатывании нуля-органа 5 осуществляется торможение серводвигателя. При этом снимаемый с преобразователя сигнал «угол-напряжение» является информацией о величине  $t_p$ . В блоке умножения 8 сигнал  $t_p$  умножается на разность  $M_n - M_c = K_2 - M_c$ . В блоке 12 произведение  $K_1 t_p (K_2 - M_c)$  суммируется с постоянным коэффициентом  $K_3$ . После извлечения корня четвертой степени в блоке нелинейности 14 и гиперболического функционального преобразования в блоке 15, сигнал задания подается на вход блока 16.

В блоке 16 производится сравнения сигналов  $U_\omega = f\left(\frac{1}{D}\right)$  и  $U_z = K_4 \cdot \omega_z$ . Если круг не изношен, напряжения  $U_\omega$  и  $U_z$  равны и разгон продолжается до заданной, например, номинальной частоты вращения  $\omega_n$ .

При изношенном круге  $U_\omega > U_z$  и сигнал  $U_\omega$  проходит на вход тиристорного преобразователя 4, обуславливая разгон до повышенной частоты вращения.

Из приведенного описания и блок-схемы видно, что все операции, связанные с заданием частоты вращения, выполняются в электрической части устройства. Это значительно упрощает задачу настройки такого устройства в станки, в том числе и существующие. Одновременно исключается износ механических узлов и необходимость ухода за ними.

Поскольку все вычисления осуществляются автоматически при каждом пуске шпинделя, исключается опасность разрыва нового круга при неправильной настройке устройства оператором. Такая опасность в известных устройствах существует.

Возможные и некоторые модификации описанного устройства. Так, возможно объединение блоков 14 и 15 в один блок нелинейности. С учетом того, что диаметр шлифовального круга изменяется в относительно узких пределах (1 : 1,5), можно зависимость  $R_x = f(t_p)$  линеаризовать и исключить из схемы блок нелинейности 14.

В блоке 11 схемы можно осуществить автоматическое измерение и запоминание момента холостого хода. В некоторых случаях с достаточной для инженерных целей точностью можно пренебречь величиной  $M_c$  и исключить из схемы блоки 9 и 11, поскольку в шлифовальных станках

$$M_c \leq 0,2 M_n, \text{ а } M_n = (2 \dots 3) M_n.$$

Предложенное устройство стабилизации скорости шлифования позволяет избежать установки датчиков и других элементов устройства в зоне шлифования, где абразивная стружка и охлаждающая жидкость предъявляют значительные требования к надежности работы указанных датчиков и устройств.

#### Список использованной литературы

1. Кудасов Г.Ф. Плоское шлифование. – Л.: Машиностроение, 1977. – 107 с.
2. Глушко В.В., Скориков Г.П. Система автоматической компенсации износа шлифовального круга. – В об. тр.: Ворошиловградского машиностроительного института, 1982, № 16, с. 58-62.
3. Патент 3113405 (США). Устройство для поддержания постоянства окружной скорости шлифовального круга с целью компенсации его износа / Шнейдер Р., Каспарсон Л. – Оpubл. 10.12.1981.: МКИ В 24 В.
4. Патент 2117467 (ФРГ). Устройство для регулирования числа оборотов шлифовального круга / Линке Э, Шауттер Г. – Оpubл. 05.12.1980.: МКИ В 24 В 47/18.
5. А.с. 742123 (СССР). Способ задания скорости шлифовального круга и устройство для его осуществления / Лотарь В.В., Молчановский Е.Г., Рашкович М.П., Булгар В.В. – Оpubл. 25.06.1980, Бюл. № 23.: МКИ В 24 В 51/00
6. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. – М.: Машиностроение, 1985. – 304 с.