



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1028487 A

з(51) В 24 В 49/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) 952553

(21) 3357963/25-08

(22) 24.11.81

(46) 15.07.83, Бюл. № 26

(72) Ю.Н.Петренко, В.П.Беляев  
и Г.И.Гульков

(71) Белорусский ордена Трудового  
Красного Знамени политехнический  
институт

(53) 621.503.53(088.8)

(56) 1. Авторское свидетельство СССР  
№ 952553, кл. В 24 В 49/00, 16.01.81

(54) (57) УСТРОЙСТВО ОГРАНИЧЕНИЯ ВИБРАЦИЙ НА ШЛИФОВАЛЬНОМ СТАНКЕ, по автсв. № 952553, отличающееся тем, что, с целью повышения производительности обработки, в него введены функциональный преобразователь, дополнительный сумматор, делитель и умножитель, причем вход функ-

ционального преобразователя подключен к выходу датчика момента электродвигателя шлифовального круга, а выход - к первому входу дополнительного сумматора ко второму входу которого подключен задатчик частоты напряжения питания, выход дополнительного сумматора подключен ко вторым входам первого и второго вычислителей, к первому входу системы управления преобразователя частоты и к первому входу делителя, ко второму входу которого подключен задатчик частоты напряжения питания, выход делителя подключен к первому входу умножителя, ко второму входу которого подключены выходы первого и второго вычислителей, выход умножителя подключен ко второму входу системы управления преобразователя частоты.

(19) SU (11) 1028487 A

Изобретение относится к обработке металлов резанием и может быть использовано для ограничения вибраций при обработке деталей на шлифовальных станках.

По основному авт. св. № 952553 известно устройство ограничения вибраций на шлифовальном станке, содержащее датчик вибрации, асинхронный электродвигатель привода шлифовального круга, электропривод подачи, вход которого соединен с выходом системы управления, вход которой соединен с выходом сумматора, прямой вход которого соединен с выходом задатчика величины подачи, а инверсный - с выходом интегратора, вход которого соединен с выходом элемента сравнения, входы которого соединены с выходами датчика вибраций и выходом задатчика допустимого уровня вибраций, вход асинхронного электродвигателя привода шлифовального круга соединен с выходом преобразователя частоты, вход которого соединен с выходом преобразователя частоты, вход которого соединен с выходом системы управления, первый вход которой соединен с выходом задатчика частоты напряжения питания, а второй - с выходами первого и второго вычислителей, первые входы которых соединены с выходом задатчика частоты напряжения питания, второй вход первого вычислителя соединен с выходом первого ключа, второй вход второго вычислителя соединен с выходом второго ключа, входы ключей соединены с выходом датчика момента, вход которого соединен с асинхронным электродвигателем привода шлифовального круга. Принцип действия данного устройства основан на том, что одновременно с изменением скорости подачи изменяют магнитный поток асинхронного электродвигателя привода шлифовального круга путем регулирования напряжения питания. Магнитный поток двигателя изменяют так, чтобы сохранить потери мощности в двигателе на номинальном уровне, т.е. при определенном значении момента двигателя  $M$  в установившемся режиме работы асинхронный двигатель будет находиться в точке механической характеристики с абсолютным скольжением  $\beta$ , при котором потери в двигателе будут равны номинальным [1].

В данном устройстве при изменении магнитного потока путем регулирования напряжения питания происходит падение частоты вращения шлифовального круга (скорости резания) ниже номинальной, которая является заданным значением. Падение скорости резания зависит от момента нагрузки и наиболее выражено при чистовом шлифовании и правке круга, так как

момент нагрузки (усилие резания) при этом значительно ниже номинального. Падение скорости резания ведет к уменьшению производительности чистовой обработки и правки круга, а следовательно всего процесса шлифования. Уменьшение производительности при чистовом шлифовании объясняется тем, что при уменьшении скорости резания увеличивается шероховатость шлифованной поверхности и для обеспечения требуемой шероховатости при уменьшении скорости необходимо одновременное уменьшение подачи. При правке круга (например, алмазным инструментом) с уменьшением скорости круга увеличивается фактическая подача правящего инструмента на один оборот круга, что приводит к увеличению высоты неровностей рельефа рабочей поверхности круга. Следовательно, при одинаковой шероховатости обрабатываемой поверхности продольная подача правящего инструмента в единицу времени для меньшей скорости круга должна быть уменьшена, что ведет к уменьшению производительности процесса правки.

Цель изобретения - повышение производительности обработки на шлифовальных станках.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве дополнительно введены функциональный преобразователь, дополнительный сумматор, делитель и умножитель, причем вход функционального преобразователя подключен к выходу датчика момента электродвигателя шлифовального круга, а выход - к первому входу дополнительного сумматора, ко второму входу которого подключен задатчик частоты напряжения, выход дополнительного сумматора подключен ко вторым входам первого и второго вычислителей, к первому входу системы управления преобразователя частоты и к первому входу делителя, ко второму входу которого подключен задатчик частоты напряжения питания, выход делителя подключен к первому входу умножителя, ко второму входу которого подключены выходы первого и второго вычислителей, выход умножителя подключен ко второму входу системы управления преобразователя частоты.

На фиг.1 изображена функциональная схема устройства; на фиг.2 - зависимость  $\Delta\omega = f(M)$  для двигателя 4APB160B6УЗ.

Устройство содержит шлифовальный станок 1, соединенный с выходом датчика вибраций 2, асинхронным электродвигателем привода шлифовального круга 3, электроприводом подачи 4, вход которого соединен с выходом системы управления 5, вход которой соединен с выходом сумматора 6, прямой

вход которого соединен с выходом датчика величины подачи 7, а инверсный - с выходом интегратора 8, вход которого соединен с выходом элемента сравнения 9, входы которого соединены с выходами датчика вибраций 2 и выходом задатчика допустимого уровня вибраций 10; вход асинхронного электродвигателя привода шлифовального круга 3 соединен с выходом преобразователя частоты 11, вход которого соединен с выходом системы управления 12, первый вход которого соединен с выходом дополнительного сумматора 13, а второй - с выходом умножителя 14, первый вход которого соединен с выходом делителя 15, а второй - с выходом первого 16 и второго 17 вычислителя, первые входы которых соединены с выходом дополнительного сумматора 13, к которому подключен также второй вход делителя 15, второй вход вычислителя 16 соединен с выходом ключа 18, второй вход вычислителя 17 соединен с выходом ключа 19, входы ключей 18 и 19 соединены с выходом датчика момента 20, к которому подключен также вход функционального преобразователя 21, выход которого соединен со вторым входом сумматора 13, с первым входом которого соединен выход задатчика частоты напряжения питания 22, к которому подключен также первый вход делителя 15, вход датчика момента 20 соединен с асинхронным электродвигателем привода шлифовального круга 3.

Устройство работает следующим образом.

При изменении магнитного потока путем регулирования напряжения питания происходит падение частоты вращения шлифовального круга (скорости резания) ниже номинальной. Величину падения угловой скорости ротора  $\Delta\omega$  в диапазоне изменения момента  $M$  нагрузки

$$\frac{\Delta P_H}{P_{кр} \left( K_6 + \frac{K_7}{\beta_{кр}^2} \right)} < M \leq M_H,$$

где  $P_H$  - номинальные потери в двигателе;

$\beta_{кр}$  - критическое значение параметра абсолютного скольжения;

$$K_6 = \omega_{ОН} \left[ \frac{r_1}{r_2'} \left( 1 + \frac{x_2'}{x_0} \right) + \frac{\Delta P_{сн} x_2'^2}{\Phi_H^2 C_1^2 \xi_{1H}^2 m_1 r_2'} + 1 \right];$$

$$K_7 = \omega_{ОН} \left( \frac{r_1 r_2}{x_0^2} + \frac{\Delta P_{сн} r_2'}{\Phi_H^2 C_1^2 \xi_{1H}^2 m_1} \right);$$

$M_H$  - номинальное значение электромагнитного момента двигателя;

$\omega_{ОН}$  - угловая скорость поля двигателя, соответствующая номинальной частоте питающего напряжения,

$r_1, r_2', x_1, x_2', x_0$  - параметры Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя;

$\Delta P_c$  - номинальные потери в стали статора;

$\Phi_H$  - номинальное значение магнитного потока двигателя;

$C_1 = 4,44 R_1 W_1$  - конструктивная постоянная статора машины;

$R_1$  - обмоточный коэффициент;

$W_1$  - число последовательных витков одной фазы;

$f_{1H}$  - номинальное значение частоты питающего напряжения;

$m_1$  - число фаз;

можно определить из соотношения

$$\beta = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_{ОН}} = \frac{\omega_0 - \omega_H + \Delta\omega}{\omega_{ОН}} = \frac{\Delta P_H + \sqrt{\Delta P_H^2 - K_3}}{2 K_6 M}$$

где  $\omega_0$  - угловая скорость поля двигателя, соответствующая частоте питающего напряжения;

$\omega_H$  - номинальное (заданное) значение угловой скорости ротора двигателя;

$\omega$  - текущее значение угловой скорости ротора двигателя,

$$K_3 = 4 \omega_{ОН}^2 \left[ \frac{r_1}{r_2'} \left( 1 + \frac{x_2'}{x_0} \right) + \frac{\Delta P_{сн} x_2'^2}{\Phi_H^2 C_1^2 \xi_{1H}^2 m_1 r_2'} + 1 \right] \times \left( \frac{r_1 r_2}{x_0^2} + \frac{\Delta P_{сн} r_2'}{\Phi_H^2 C_1^2 \xi_{1H}^2 m_1} \right).$$

Получаем

$$\Delta\omega = \omega_H - \omega_0 + \frac{(\Delta P_H + \sqrt{\Delta P_H^2 - K_3}) \omega_{ОН}}{2 K_6 M} \quad (1)$$

В диапазоне изменения момента

$$0 < M \leq \frac{\Delta P_H}{P_{кр} \left( K_6 + \frac{K_7}{\beta_{кр}^2} \right)}$$

падение угловой скорости ротора  $\Delta\omega$  определяются из соотношения

$$\beta_{кр} = \frac{\omega_0 - \omega_{кр}}{\omega_{ОН}} = \frac{\omega_0 - \omega_H + \Delta\omega_{кр}}{\omega_{ОН}}$$

Получаем

$$\Delta\omega_{кр} = \omega_{ОН} \beta_{кр} - \omega_0 + \omega_H = \text{const.} \quad (2)$$

На основании выражений 1 и 2 построен график зависимости (фиг. 2), в соответствии с которым выполнен функциональный преобразователь 21, преобразующий сигнал, пропорциональный моменту двигателя, в сигнал, пропорциональный падению угловой скорости ротора и необходимый для восстановления заданной номинальной угловой скорости ротора (заданной скорости резания).

При моменте  $M = M_H$  сигнал на выходе функционального преобразователя 21  $U_{дф} = 0$ . Частота питающего напряжения (заданная угловая скорость ротора) определяется сигналом  $U_{дф}$

здатчика частоты 22, который подается через сумматор 13 на первый вход системы управления 12. Величина напряжения определяется сигналом  $U_{1н}$  вычислителя 16, подаваемого на второй вход умножителя 14 и далее на второй вход системы управления 12. На первый вход умножителя 14 в этом случае подается сигнал "1" с выхода делителя 15, осуществляющего операцию  $\frac{U_{1г} + U_{\Delta г}}{U_{1г}}$ . При моменте

$M < M_H$  на выходе функционального преобразователя 21 появляется сигнал  $U_{\Delta г}$ , который образует необходимую добавку задания по частоте для восстановления ротором заданной угловой скорости. С выхода сумматора 13 сигнал, пропорциональный сумме  $U_{1г} + U_{\Delta г}$ , поступает на первый вход системы управления 12. Вследствие этого угловая скорость ротора двигателя (скорость резания) повышается и достигает заданного значения. Одновременно сигнал  $U_{1г} + U_{\Delta г}$  поступает на второй вход делителя 15. Повышение частоты питающего напряжения пропорционально  $U_{\Delta г}$  приводит к уменьшению магнитного потока двигателя (который был установлен так, что потери в двигателе были равны номинальным) и к увеличению потерь в двигателе, что недопустимо. Следовательно, одновременно с увеличением частоты питающего напряжения необходимо увеличить величину его так, чтобы магнитный поток остался на прежнем уровне, который определяет равенство потерь в двигателе номинальным. Для этого необходимо сохранить соотношение напряжения и частоты, которое при пренебрежении активными сопротивлениями статора определяет магнитный поток.

$$\frac{U_{1н}}{U_{1г}} = \frac{U_{1н} + U_{\Delta U}}{U_{1г} + U_{\Delta г}}, \quad (3)$$

где  $U_{1г}$  - сигнал задания по частоте;  
 $U_{1н}$  - сигнал задания по напряжению.

Из выражения (3) определяем  $U_{\Delta U}$  через  $U_{\Delta г}$

$$U_{\Delta U} = \frac{U_{1н} \cdot U_{\Delta г}}{U_{1г}}$$

Тогда формула (3) записывается так,

$$\frac{U_{1н}}{U_{1г}} = \frac{U_{1н} \left( \frac{U_{1г} + U_{\Delta г}}{U_{1г}} \right)}{U_{1г} + U_{\Delta г}}$$

С выхода делителя 15 сигнал  $\frac{U_{1г} + U_{\Delta г}}{U_{1г}}$

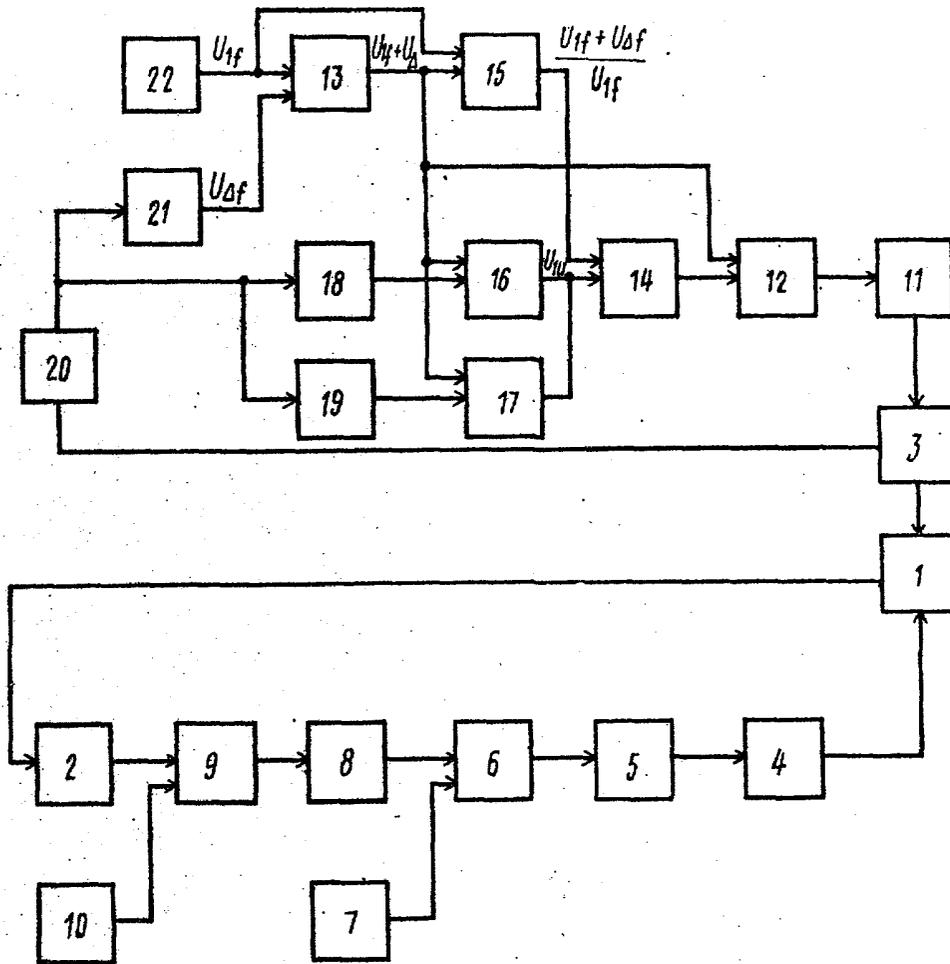
поступает на первый вход умножителя 14, на второй вход которого поступает сигнал  $U_{1н}$ . Умножитель 14

осуществляет операцию  $U_{1н} \left( \frac{U_{1г} + U_{\Delta г}}{U_{1г}} \right)$

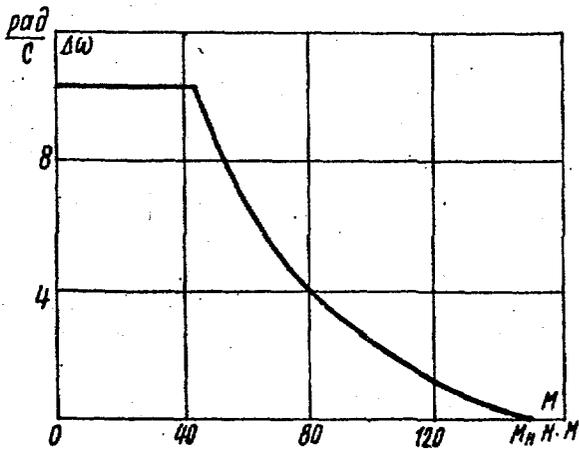
Сигнал с выхода умножителя 14 поступает на второй вход системы управления 12, вследствие чего устанавливается новое значение напряжения. Таким образом, соотношение между частотой и напряжением остается постоянным.

Одним из критериев качества чистового шлифования является шероховатость обработанной поверхности. Для получения установленного значения шероховатости при уменьшении скорости резания, возникающего при регулировании магнитного потока, необходимо пропорционально уменьшить подачу. Падение угловой скорости  $\Delta \omega$  двигателя от заданной при чистовом шлифовании составляет  $0,047-0,09 \omega_H$  (фиг. 2), так как момент нагрузки при чистовом шлифовании в 2-3 раза меньше номинального момента нагрузки (т.е. момента при черновом шлифовании). В таком же отношении необходимо уменьшить величину подачи. Следовательно, уменьшится минутный съем металла, который является критерием производительности операции шлифования (без учета времени на установку и съем детали и правку круга). При правке круга падение угловой скорости  $\Delta \omega$  двигателя от заданной составляет  $0,1 \omega_H$ , так как момент нагрузки при правке составляет  $0,05-0,1$  номинального. Для получения заданного рельефа круга в таком же отношении необходимо уменьшить продольную подачу. Производительность операции правки также падает.

Таким образом, использование предлагаемого изобретения, в котором осуществляется стабилизация скорости резания, позволяет по сравнению с прототипом повысить производительность чистового шлифования на 5-9%, правки круга - на 10% и за счет этого производительность обработки на шлифовальных станках.



Фиг. 1



Фиг. 2

Редактор К.Волшук      Составитель А.Печкова      Техред Т.Маточка      Корректор А.Повх

Заказ 4861/12      Тираж 795      Подписное  
 ВНИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г.Ужгород, ул. Проектная, 4