

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МЕТАЛЛООБРАБОТКИ

Введение. Для оптимизации процессов металлообработки по критериям максимальной производительности, минимальной себестоимости или минимального удельного энергопотребления применяются электромеханические системы автоматизации, управляющие скоростями электроприводов рабочих движений станков [1,2]. Для автоматического поиска экстремума целевой функции во время обработки на станках для силового шлифования разработаны системы управления электроприводом вертикальной подачи, в которых используется алгоритм шагового поиска с объединенными пробными и рабочими шагами [1]. Недостатком этого алгоритма является нерешенное противоречие между продолжительностью поиска экстремума целевой функции и точностью его поддержания. В усовершенствованных системах используется поиск экстремума по математической модели процесса, получаемой в результате уменьшенного количества пробных шагов [2]. Однако, в этих системах время для поиска также является значительным. Поэтому целесообразна разработка беспоисковых систем оптимизации процесса силового шлифования.

Постановка задач исследования. Цель работы - разработка алгоритма управления электроприводом подачи станка для силового шлифования, обеспечивающего сокращение времени нахождения режима обработки, соответствующего экстремуму показателя энергетической эффективности процесса.

Материалы исследования. При оптимизации процесса обработки применяется показатель энергетической эффективности:

$$J_e = \frac{Q}{P}, \quad (1)$$

где P — мощность резания, кВт, Q — скорость снятия металла, мм³/мин.

Аппаратная часть беспоисковой электромеханической системы для оптимизации режима силового шлифования по энергетическому критерию не отличается от поисковой системы и выполнена на основе компьютерного устройства числового программного управления (ЧПУ) и датчика, обеспечивающего определение износа инструмента при снятии очередного слоя металла [2]. В основу функционирования беспоисковой системы с аналитическим определением экстремума положено выражение, связывающее скорость электропривода подачи станка, соответствующую экстремуму показателя J_e , с составляющими формулы, определяющей период стойкости инструмента: коэффициентом C_T и показателем степени y [3]:

$$S_i = \hat{E}_i \cdot \tilde{N}_T^u, \quad (2)$$

где K_n — коэффициент, u — показатель степени,

$$\hat{E}_i = \frac{1.5}{u-15} - 0.39, \quad u = \frac{1}{y-1}. \quad (3)$$

Для расчета устройством ЧПУ в процессе обработки оптимальной скорости электропривода подачи с использованием выражений (2) и (3) необходимо определить коэффициент C_T и показатель степени y как функции прогнозируемого значения периода стойкости инструмента, поскольку в процессе обработки это значение может быть определено по сигналу датчика износа инструмента. Для решения этой задачи проведен ряд экспериментов по обработке заготовок на станке с круглым столом и вертикальным шпинделем и определены значения периода стойкости инструмента (T_1, T_2, \dots) при разных значениях скорости электропривода подачи (S_1, S_2, \dots). Для каждой пары экспериментов по совместному решению уравнений

$$\dot{O}_1 = \frac{\tilde{N}_O}{S_1^y}, \quad \dot{O}_2 = \frac{\tilde{N}_O}{S_2^y} \quad \text{найжены соответствующие значения коэффициента } C_T \text{ и показателя степени } y. \text{ По}$$

результатам расчета построены графики зависимостей коэффициента C_T и показателя степени y от периода стойкости T (рис. 1, 2).

В результате аппроксимации этих зависимостей получены выражения:

$$y(T) = \left(\frac{111.776}{T} \right)^{1.522}, \quad (4)$$

$$\tilde{N}_O = 16.31 \left(\frac{\dot{O}}{11.78} \right)^{5.79}. \quad (5)$$

В процессе обработки устройство ЧПУ по сигналам датчика износа инструмента рассчитывает прогнозируемое значение периода стойкости инструмента, по выражениям (4) и (5) определяет текущие

значения C_T и y , а по выражениям (2) и (3) – скорость электропривода подачи, соответствующую экстремуму показателя J_e .

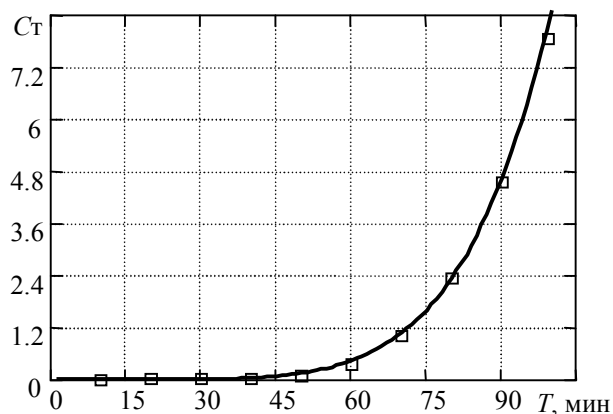


Рис. 1. Зависимость $C_T = f(T)$

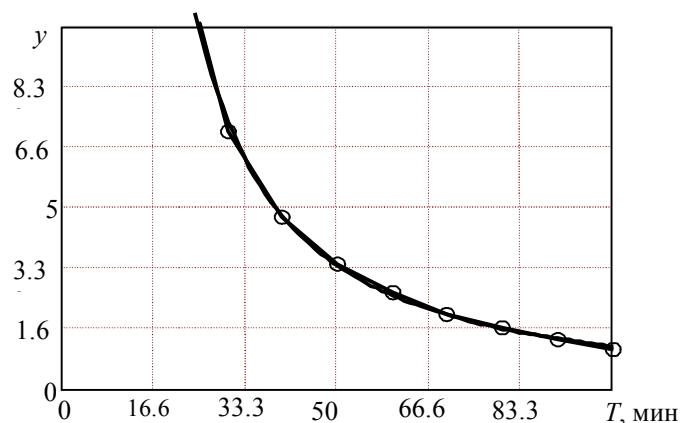


Рис. 2. Зависимость $y = f(T)$

Исследование электромеханической системы оптимального управления процессом силового шлифования выполнено путем ее моделирования с применением средств пакета Simulink. Модель содержит пять блоков: электропривод подачи типа ЭПБ-2, процесс обработки, блоки расчета периода стойкости инструмента и оптимальной скорости электропривода подачи, блок формирования сигнала задания скорости электропривода. Результаты моделирования представлены в виде графиков зависимостей скорости подачи S и текущего значения показателя энергетической эффективности процесса обработки J_e . Из графиков видно, что после ускоренного подвода инструмента к заготовке в течении 2 с беспойсковая система обеспечивает определение оптимального режима работы за 11 с. (рис. 4, а), а система с пробными шагами – за 19 с. (рис. 4, б).

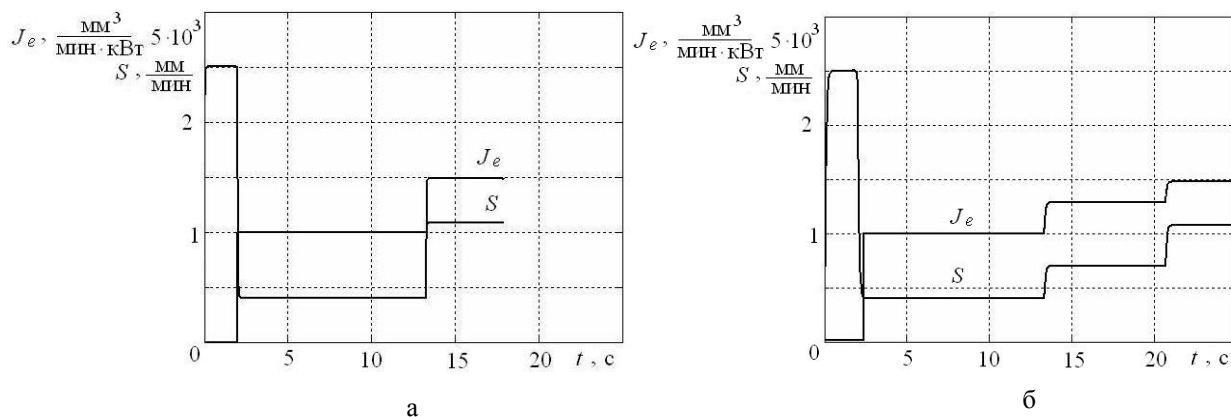


Рис. 4. Графики процессов в системе оптимального управления

Выводы. Проведенные исследования показали, что без усложнения аппаратной части электромеханической системы оптимизации процесса металлообработки и при использовании нового алгоритма управления электроприводом подачи станка, обеспечивающего аналитическое определение экстремума показателя эффективности, взамен известного алгоритма, использующего пробные воздействия, время нахождения оптимального режима работы сокращается на 42 %.

Литература.

1. Шапарев Н.К. Расчет автоматизированных электроприводов систем управления металлообработкой. – К.: Лыбидь, 1992. – 272 с.
2. Водичев В.А. Керування швидкістю подачі верстата при багатокритеріальній оптимізації процесу силового шліфування // Електромашинобудування та електрообладнання: Міжвід. наук.-техн. збірник. – К.: Техніка. – 2003. – Вип. 61. – С. 3-10.
3. Водичев В.А., Мухаммед М.А. Усовершенствование алгоритма управления электроприводом подачи станка в системе оптимизации процесса металлообработки // Електромашинобудування та електрообладнання: Міжвід. наук.-техн. збірник. – К.: Техніка. – 2006. – Вип. 66. – С. 130 – 131.