

УДК 621.979

Субботин О. В., Ставицкий В. О., Яровой Р. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО ЗАДАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СВЕРЛЕНИЯ

Повышение производительности технологических процессов сверления, с целью получения заданного качества обработанной поверхности детали, возможно путем применения систем автоматизации. Известно из работы [1–3], что дополнительные затраты электрической энергии связаны с выполнением соответствующих работ по доведению качества обработанной поверхности детали до заданного техническим заданием, зависят от организации технологического цикла доводки и применения соответствующей оснастки. Применение системы автоматизации обеспечивает гарантированное качество обработанной поверхности детали и, соответственно, повышает технико-экономические показатели сверлильных станков.

Конструктивные особенности сверлильных станков позволяют использовать привода главного движения и подачи сверла в качестве независимых координат управления технологическим процессом сверления. Эффективность процесса сверления при этом определяется скоростью вращения сверла и величиной его подачи. Задание оптимальных, с точки зрения вида обрабатываемого материала, режимов работы исполнительных механизмов станка сокращает время сверления и обеспечивает заданное качество обработанной поверхности детали.

Целью работы является разработка двухкоординатной системы для задания технологических режимов работы сверлильного станка на основе принципа управления по отклонению. В основу разработки ее архитектуры (рис. 1) так же положено: программное задание технологических параметров процессов сверления; покоординатное управление исполнительными механизмами; управление с обратной связью по скорости вращения привода главного движения; управление с обратной связью по положению механизма подачи сверла.

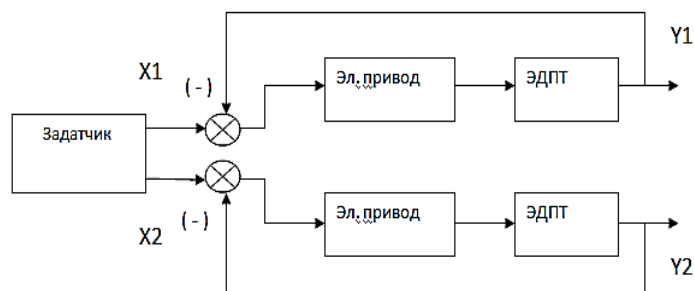


Рис. 1. Функциональная схема системы программного управления сверлильным станком

На рис. 1 приняты такие условные обозначения: ЭДПТ – электродвигатель постоянного тока, Y_1 – скорость вращения сверла, Y_2 – подача сверла.

Проведем моделирование элементов системы программного задания режимов процесса сверления. Структурная схема математической модели исследуемой системы представлена на рис. 2.

Выполним математическое моделирование каналов управления каждой независимой координатой сверлильного станка.

В состав каналов для задания режимов работы исполнительных механизмов сверлильного станка входят: широтно-импульсный преобразователь (ШИП), тиристорный выпрямитель (ТВ), преобразователь (ТП) сигнала рассогласования в управляющий сигнал для ТВ, электродвигатель постоянного тока (ЭДПТ), редуктор (Ред), датчик перемещения (Длс) и датчик скорости (Дс) вращения сверла.

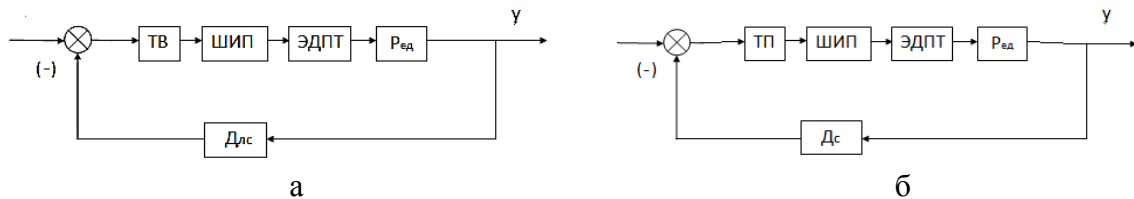


Рис. 2. Структурная схема модели:
 а – схема привода подачи сверла; б – схема привода главного движения

Выполним анализ предложенных структурных схем с целью получения соответствующих передаточных функций. В динамическом отношении ТВ по данным работы [1] представим такой математической моделью:

$$W_{ТВ}(p) = \frac{K_{ТП}}{T_{ТП} \times p + 1}, \tag{1}$$

где $K_{ТП}$ – коэффициент передачи, $K_{ТП} = 1,35$;
 $T_{ТП}$ – постоянная выхода преобразователя, $T_{ТП} = 0,005$ с.

В динамическом отношении ШИП по данным работы [1] представим такой математической моделью:

$$W_{ШИП}(p) = K_{ШИП} \cdot e^{-\tau \cdot p}, \tag{2}$$

где $K_{ШИП}$ – коэффициент передачи ШИП;
 τ – запаздывание, вносимое в работу канала.

ШИП обладает повышенным быстродействием по сравнению с остальными функциональными элементами структурной схемы. Следовательно, корректна такая замена экспоненты:

$$e^{-\tau \cdot p} = 1 / (1 + p \cdot \tau), \tag{3}$$

$$W_{ШИП}(p) = K_{ШИП} \cdot \frac{1}{1 + p \cdot \tau}, \tag{4}$$

где $K_{ШИП} = 30$; $\tau = 4,1 \cdot 10^{-4}$.

В динамическом отношении ЭДПТ по данным работы [1] представим такой математической моделью:

$$W_{ЭДПТ}(p) = \frac{K_g}{T_{\gamma} \cdot T_m \cdot p^2 + T_m \cdot p + 1}, \tag{5}$$

где T_{γ} – электромагнитная постоянная времени якоря, $T_{\gamma} = 0,17$ с;

T_m – механическая постоянная двигателя, $T_m = 0,5$ с;

K_g – величина, обратная коэффициенту пропорциональности между противо-ЭДС и угловой скоростью, $K_g = 0,55$.

В динамическом отношении Р по данным работы [1] представим следующей математической моделью:

$$W_{Ред}(p) = K_{Ред}, \tag{6}$$

где $K_{Ред}$ – коэффициент передачи редуктора (вращения).

В динамическом отношении Длс представим усилительным звеном без запаздывания $K_{лс} = 0,001$. В динамическом отношении Дс представим усилительным звеном без запаздывания $K_{с} = 0,1$.

На основе формул (1), (2), (4), (5) и (6) после математических преобразований получили передаточную функцию разомкнутой системы:

$$W_{\text{раз}}(p) = \frac{b \times \text{Кред}}{a4 \cdot p^4 + a3 \cdot p^3 + a2 \cdot p^2 + a1 \cdot p + 1}, \quad (7)$$

где $a4 = 1,7 \cdot 10^{-7}$, $a3 = 4,6 \cdot 10^{-4}$, $a2 = 0,011$, $a1 = 0,0027$, $b = 22,27$. Для привода главного движения $\text{Кред} = 0,7$, для привода подачи $\text{Кред} = 0,8$.

Передаточную функцию замкнутой системы управления получили в следующем виде:

$$W_{\text{раз}}(p) = \frac{b \times \text{Кред}}{a4 \cdot p^4 + a3 \cdot p^3 + a2 \cdot p^2 + a1 \cdot p + 1 + b \cdot \text{Кред} \cdot \text{Вдс}}. \quad (8)$$

Проведем анализ частотных характеристик системы. Исследование выражений для полученных передаточных функций выполним в среде MATLAB. Методика анализа состоит из таких вычислительных процедур:

- вычисляем полюсы передаточной функции с помощью команды *pole*;
- получаем логарифмические амплитудно-частотную и фазо-частотную характеристики (АЧХ, ФЧХ) с помощью команды *bode*;
- годограф Найквиста строится с помощью команды *naqvist*;
- импульсная переходная функция получается с помощью команды *impulse*;
- переходная функция рассчитывается командой *step*.

Результаты исследований привода главного движения сверлильного станка представлены на рис. 3.

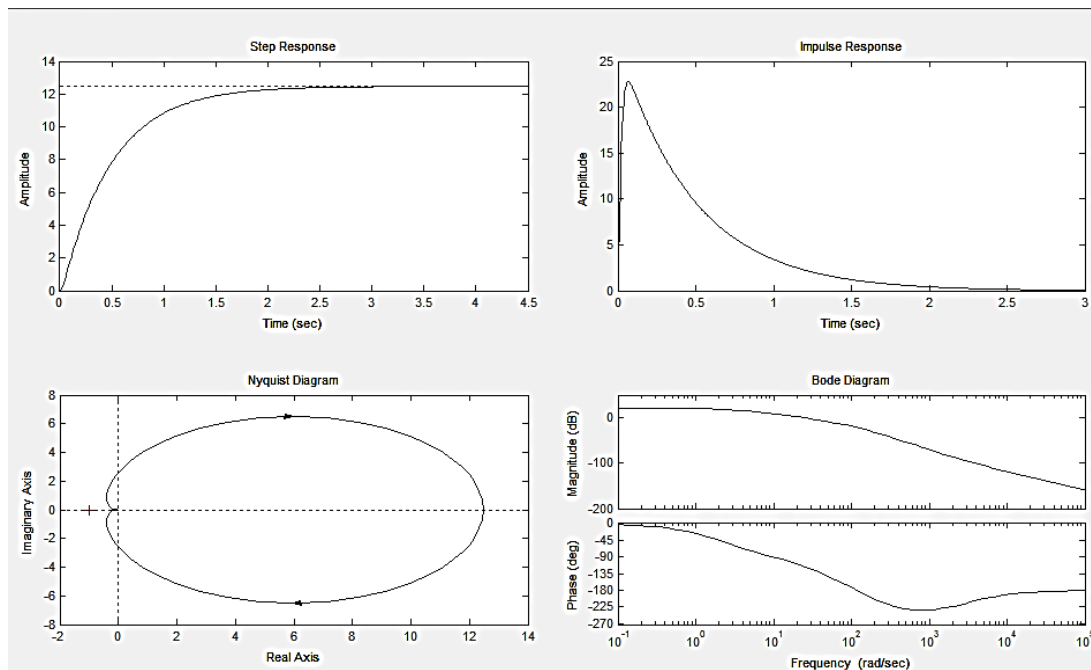


Рис. 3. Частотные характеристики привода главного движения

На рис. 3 показаны:

- переходная характеристика привода;
- импульсная переходная характеристика;
- годограф Найквиста;
- логарифмические АЧХ и ФЧХ.

Анализ полюсов передаточной функции привода главного движения в среде MATLAB дал такие результаты:

```
ans = - 200.000,  
      - 56.7505,  
      - 2.0731.
```

В результате анализа полюсов установлена устойчивость построенной математической модели привода главного движения станка.

Результаты исследований построенной математической модели для привода подачи сверла представлены на рис. 4. Анализ полюсов передаточной функции в среде MATLAB дал аналогичные результаты. В результате исследований установлена устойчивость построенной модели.

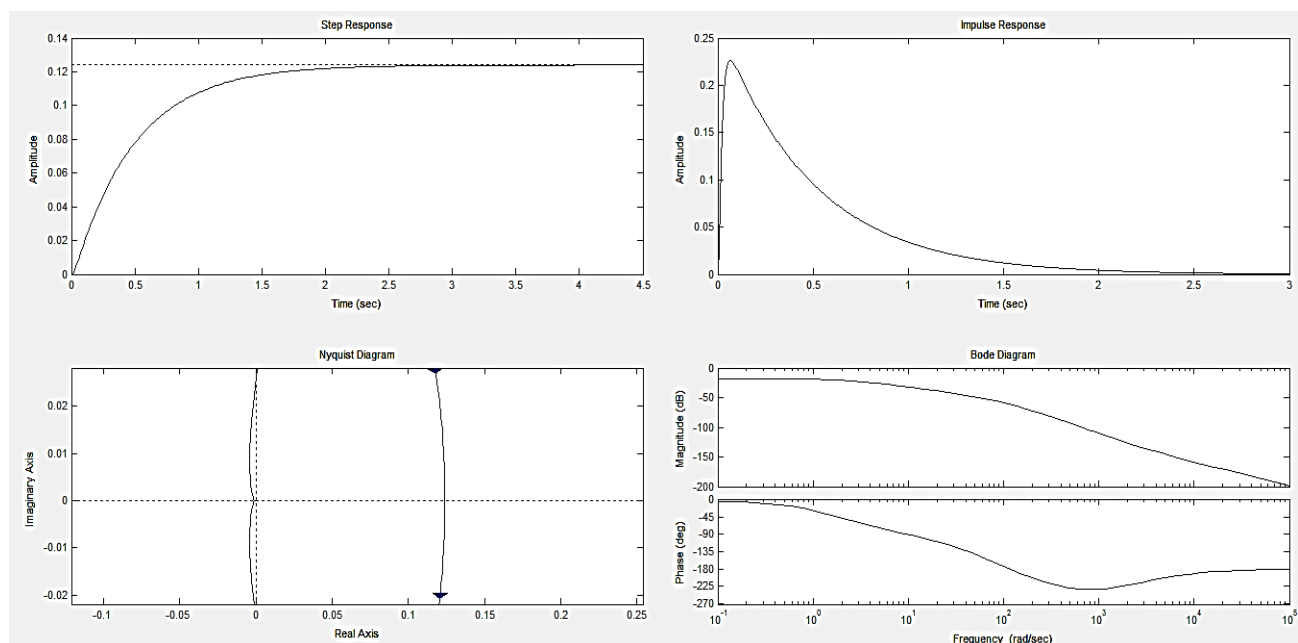


Рис. 4. Частотные характеристики привода подачи сверла

ВЫВОДЫ

В результате анализа переходной и импульсной переходной характеристики канала установлено, что переходной процесс отработки входного воздействия по виду является аperiодическим. Быстродействие замкнутых каналов системы соответственно для привода главного движения сверлильного станка составляет примерно 2 с, для привода подачи – 2 с. Отсутствие перерегулирования выходного сигнала исключает возможность получения брака обработанной поверхности детали. В целом предложенные каналы для задания режимов работы исполнительных механизмов сверлильного станка удовлетворяют требованиям по быстродействию преобразования и качеству отработки входного воздействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еникеев А. Ф. Основы синтеза и проектирования следящих систем станков и промышленных изделий : учебное пособие / А. Ф. Еникеев, О. В. Субботин. – Краматорск : ДГМА, 2009. – 267 с.
2. Суботин О. В. Стратегія управління замкненим каналом в умовах неповної вхідної інформації / О. В. Суботин, О. Ф. Єнікєєв // Обчислювальна техніка та автоматизація : Наукові праці ДНТУ. – Донецьк : ДонНТУ, 2010. – Випуск 19(171). – С. 147–152.
3. Єнікєєв О. Ф. Синтез оптимального цифрового регулятора поздовжньої подачі шліфувального круга / О. Ф. Єнікєєв, О. В. Суботин // Надійність інструмента та оптимізація технологічних систем : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – Вип. 28. – С. 175–179.