

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОБРАБОТКИ НА ТЯЖЕЛОМ РАСТОЧНОМ СТАНКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКОЛЬЗЯЩИХ РЕЖИМОВ

85-91

Рафиков Г.Ш., к.т.н, доцент, Дмитриева Н.В., ст.гр. АТ-96/6
Донецкий государственный технический университет

Посвящена синтезу алгоритмов оптимального управления с помощью адаптивного метода регулирования с использованием скользящих режимов. Решена задача синтеза поверхности разрыва. Синтезирован закон адаптивного управления динамической системой с переменной структурой и эталонной моделью. Осуществлена экспериментальная проверка синтезированного адаптивного регулятора с использованием пакета прикладных программ MATLAB.

It is devoted to synthesis algorithms optimum control with the help an adaptive method regulation with use sliding modes. The problem synthesis a surface break is solved. The law adaptive management by dynamic system with variable structure and reference model is synthesized. Experimental check the synthesized adaptive regulator with use a package applied programs MATLAB is carried out.

Технический прогресс неразрывно связан с широким внедрением в производство устройств вычислительной техники. В основе ЧПУ станка лежит детерминированный подход; управление выполняется по информации, полученной из вычерчивания деталей и заготовок. Анализ адаптации производится с учетом процесса резания как объекта регулирования. Параметры процесса растачивания (припуск на обработку, твердость материала заготовки, возможности режущего инструмента и др.) изменяются. Эти изменения не могут учитываться при программировании всего цикла работы станка, потому что при упорядочивании программы производят расчет режимов резания для некоторой общей системы станок - приспособление - инструмент - деталь (СПИД) с усредненными характеристиками, причем выходные граничные условия должны выбираться при наилучших вариантах. Для лучшего использования технических возможностей станка и инструмента,

необходимо регулювати режим обробки зміною швидкостей різання і подачі.

Об'єктом управління для системи є станок разом з процесом різання. На вихідних характеристиках об'єкта відбуваються зміни параметрів як управляючого пристрою, так і об'єкта управління. Функціональна схема розробленої системи управління станком з вивідним шпинделем, що дозволяє забезпечити безвібраційний режим роботи при оптимальній продуктивності в чорних і полувисокоточних режимах, наведено на малюнку (1).

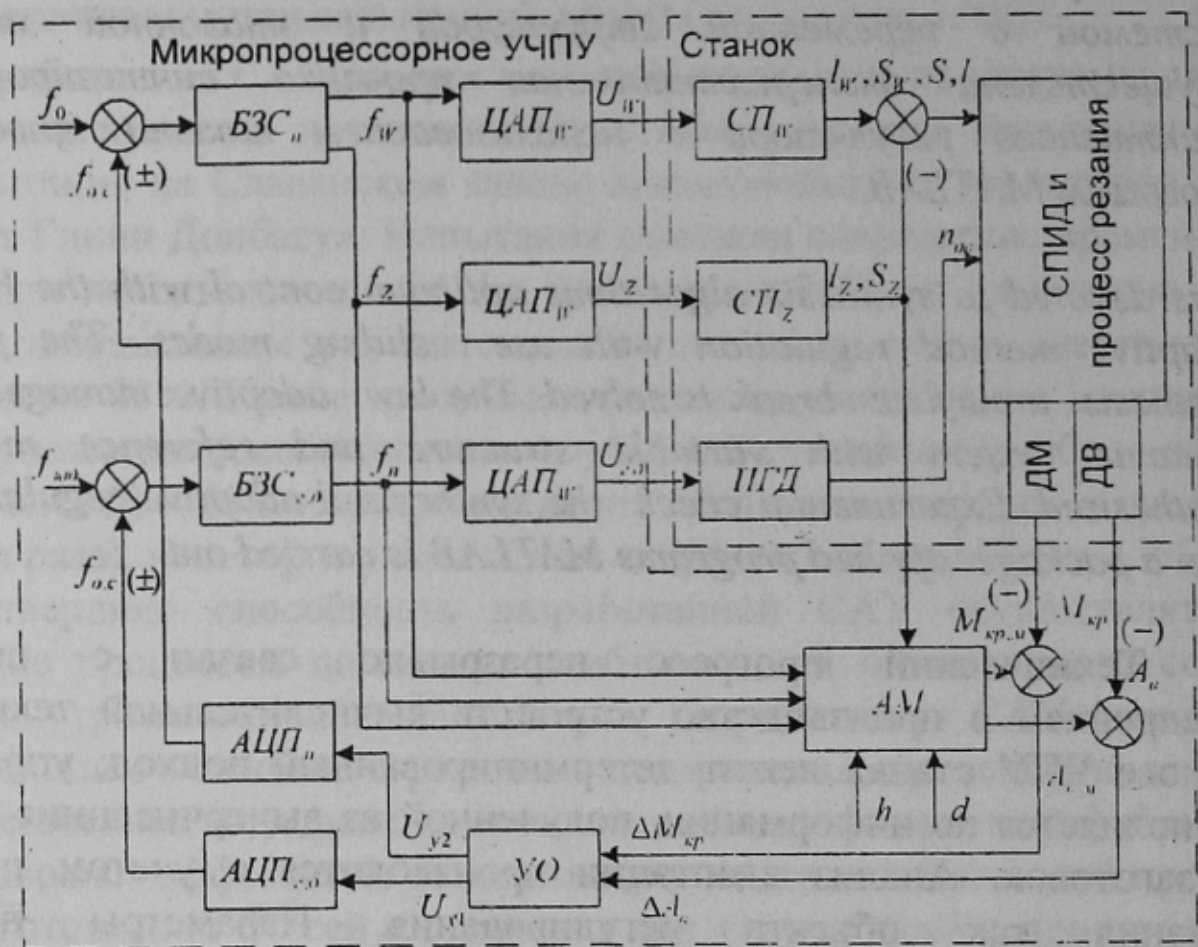


Рисунок 1 - Функціональна схема системи управління процесом рашочки на станку.

АМ- адаптивна модель; АЦП-аналого-цифрові перетворювачі приводів подачі і головного руху; БЗС- блоки задання швидкості; СП - слідячі приводи по осям; ПГД- привод головного руху; УО- пристрій оптимізації; ДВ- датчик вібрацій; ДМ- датчик моменту; ЦАП-цифроаналогові перетворювачі.

При синтезе поверхности разрыва изначально предусматривается, что поверхность разрыва является линейной

$$s = C^* \cdot \bar{x},$$

где C^* - постоянная матрица размерности $(m \times n)$.

Получена общая передаточная функция:

$$W_O(s) = \frac{d_0 b_0 g_0}{(C_0 s + 1)(a_2 s^2 + a_1 s + a_0)(e_1 s + e_0)}$$

С помощью пакета прикладных программ MATLAB получили, необходимые для дальнейшего расчета матрицы.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -105 & -1400 & -4500 & -1.8 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Разрывное управление обеспечивает движение в скользящем режиме на плоскости $s = C^* \bar{x}(t)$, C^* - вектор-строка размерности (1×4) .

Завершает процедуру синтеза переход к исходному пространству состояний \bar{x} :

$$s = (c_1, 1) M \bar{x} = 0, \quad s = [3650 \ 411 \ 69 \ 4] \bar{x} = 0.$$

В результате получим значение всех коэффициентов в управлении

$$u_l = -8x_1;$$

$$U = -\Psi_l u_l - \delta,$$

где

$$\Psi_l = \begin{cases} -0.12 & \text{при } u_l s > 0; \\ -2.12 & \text{при } u_l s < 0; \end{cases}$$

Уравнение эталонной модели выберем линейным.

$$\dot{\bar{x}}_M = A_M \cdot \bar{x}_M + \bar{b}_M \cdot u_M(t),$$

где \bar{x}_M - вектор состояния модели. $\bar{x}_M \in R^n$.

u_M - вектор входних воздействий модели;

Постоянные матрицы A_M и \bar{b}_M подобраны таким образом, чтобы обеспечить желаемые динамические процессы в модели. Задачу управления сформулируем таким образом: необходимо синтезировать такую функцию управления $u(t)$ с использованием информации о векторах состояния объекта \bar{x} , модели x_M и векторе входных воздействий u_M , чтобы рассогласование было сведено к нулю. Для того, чтобы установить, при каких условиях такая задача может быть решена, и найти требуемую функцию управления, запишем уравнение движения относительно вектора ошибки:

$$\dot{\varepsilon} = A_M \cdot \varepsilon + (A_M - A) \cdot x + B_M \cdot u_M - B \cdot u.$$

Поскольку рассогласование ε должно быть сведено к нулю, то векторы $(A_M - A)x, b_M \cdot u_M$ естественно рассматривать как возмущающие воздействия. Их влияние на процессы в системе можно устранить с помощью скользящих режимов, если эти векторы принадлежат подпространству, образованному базисными векторами матрицы B , то есть $\text{rank } b = \text{rank} \{ \bar{b}, b_M \} = \text{rank} \{ b, A_M - A \}$.

Аналитическое выражение закона управления имеет вид:

$$u_d = \left(\begin{array}{l} 22.3 \cdot x_1 + 35.6 \cdot x_2 + 91.2 \cdot x_3 + 79.2 \cdot x_4 + \\ + 16 \cdot \varepsilon_1 + 68.5 \cdot \varepsilon_2 + 5 \cdot \varepsilon_3 + 70.6 \cdot \varepsilon_4 \end{array} \right) *$$

$$* \text{sign}(3650 \cdot \varepsilon_1 + 411 \cdot \varepsilon_2 + 69 \cdot \varepsilon_3 + 4 \cdot \varepsilon_4).$$

Для проверки работоспособности адаптивной системы с синтезированными алгоритмами управления использован пакет прикладных программ высокого уровня MATLAB 5.0. Исходные модели управления представляются в виде структурных алгоритмических схем, сформированных из типичных блоков Simulink модели. Для системы адаптивного управления с переменной структурой схема управления представлена ниже (рисунок 2).

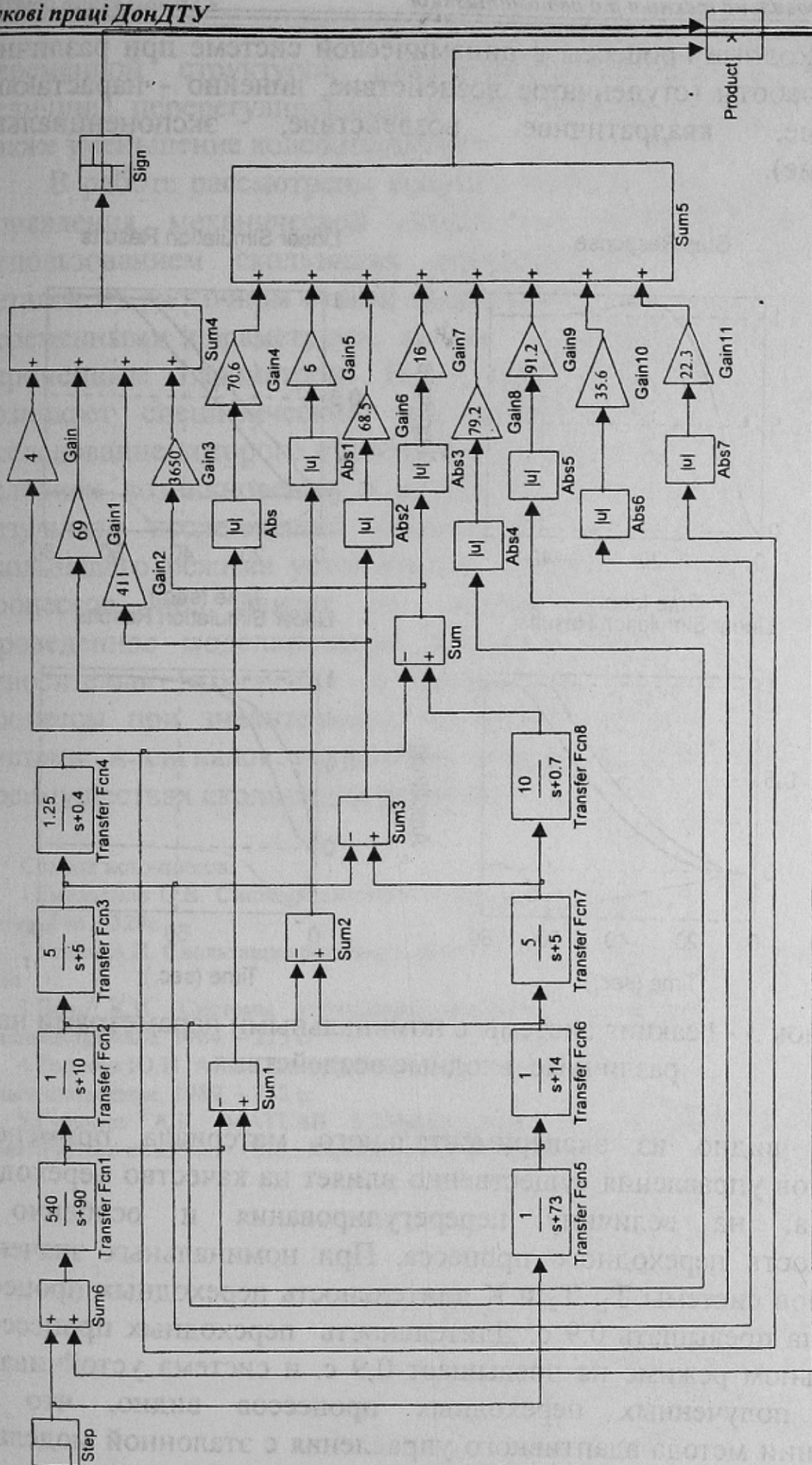


Рисунок 2 -Схема моделювання адаптивного управління в СПС з використанням скользящих режимов.

Переходные процессы в динамической системе при различных режимах работы (ступенчатое воздействие, линейно - нарастающее воздействие, квадратичное воздействие, экспоненциальное воздействие).

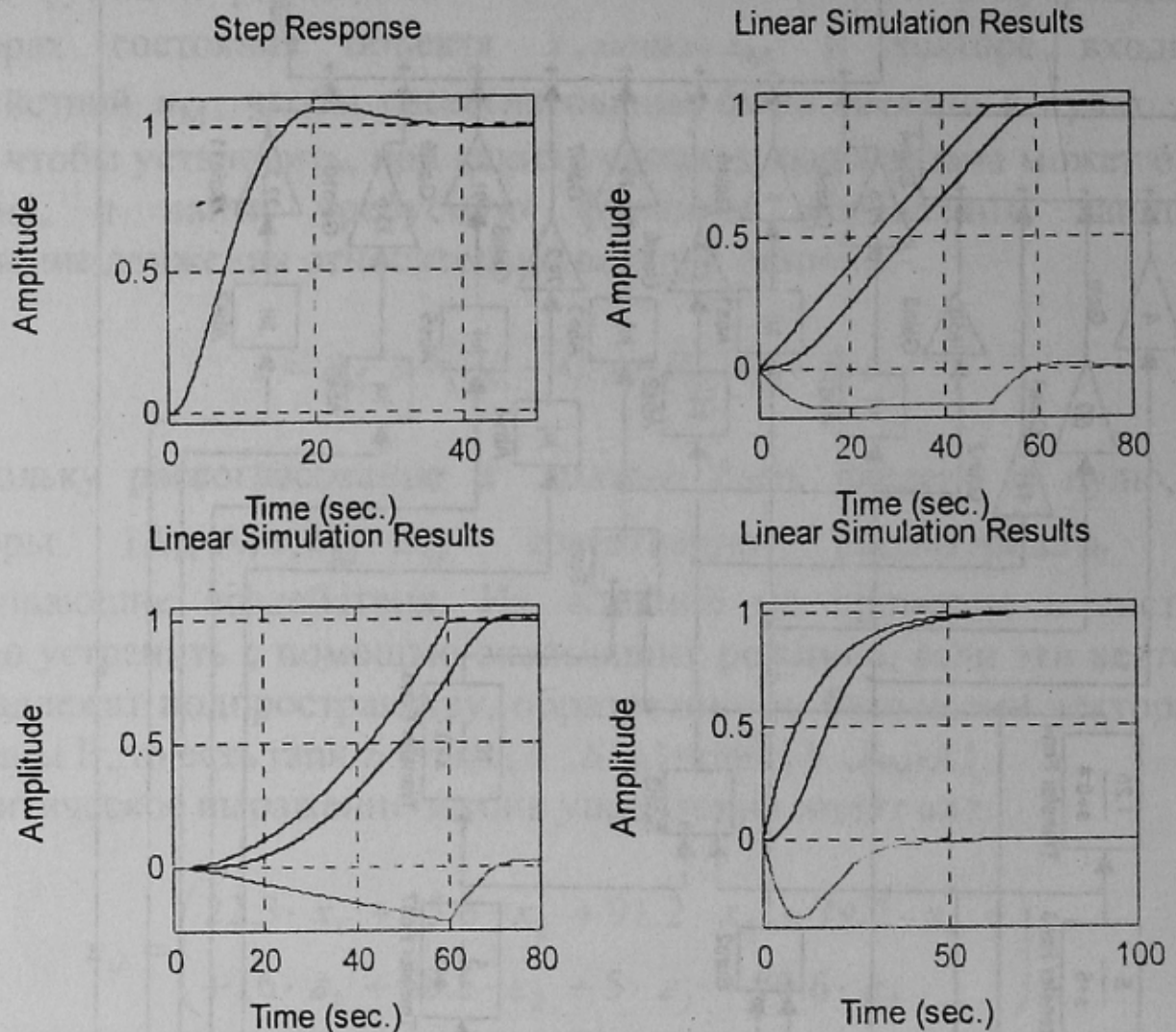


Рисунок 3 - Реакция системы с номинальными параметрами на различные входные воздействия.

Как видно из экспериментального материала применение алгоритмов управления существенно влияет на качество переходных процессов: на величину перерегулирования и особенно на длительность переходного процесса. При номинальных значениях параметров системы T_1 , T_2 и K длительность переходных процессов не должна превышать 0,9 с. Длительность переходных процессов в номинальном режиме не превышает 0,9 с. и система устойчива. Из анализа полученных переходных процессов видно, что при применении метода адаптивного управления с эталонной моделью и

переменной структурой происходит значительное уменьшение величины перерегулирования и времени переходных процессов, а также уменьшение колебательности.

В работе рассмотрены вопросы синтеза алгоритма адаптивного управления механической обработкой на расточном станке с использованием скользящих режимов. Механическая обработка деталей на расточном станке представляет динамическую систему с переменными параметрами, потому что глубина резания является переменным параметром. В системе с переменной структурой возникает специфический вид движения - скользящий режим, исследование которого приведено в работе. Рассмотрены вопросы об условиях возникновения и устойчивости скользящих режимов. В результате исследований установлено, что после возникновения скользящего режима устойчивость системы и качество переходных процессов не зависят от переменных параметров объекта. Проведенное моделирование показало, что система инвариантна относительно изменения ее параметров. Полученные переходные процессы при значительных изменениях параметров управляемой системы и сигналов управления свидетельствуют о существенных преимуществах скользящих режимов.

Список источников.

1. Емельянов С.В. Системы автоматического управления с переменной структурой. М.: Наука, 1967. 328с
2. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления М.: Наука, 1981. 368с
3. Палк К.И. Системы управления механической обработкой на станках - Л.: Машиностроение. 1984. - 215 с.
4. Топчеев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования - М., Машиностроение, 1989. - 752 с.
5. Гульятев А.К. MATLAB 5.2. Имитационное моделирование в среде Windows: Практическое пособие. - СПб.: Корона принт, 1999г., 288с.