

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛООБРАБОТКОЙ С УЧЕТОМ УПРУГОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

В приводах металлорежущих станков проблема стабилизации мощности резания стоит актуально. В настоящее время на промышленных установках применяются различные системы стабилизации мощности: применение упреждающей коррекции и применение плавающей уставки, а также система, которая будет рассматриваться в данной работе – с плавающей уставкой с учетом упругости передачи.

Первые два метода были в статье [1]. Результаты этих исследований показали, что переходный процесс при $P = 2 \cdot P_{II}$ и более имеет перегуливание до 5%, однако хорошие показатели демпфирования и нормируемые качество колебаний скорости подачи (V_n) и мощности резания не более одного. В данной работе не проанализировано влияние увеличения коэффициента резания и влияние упругости на процесс обработки металла. Следовательно, полученные результаты являются полными в исследовании работы станка.

Станки с электроприводами постоянного и переменного тока с транзисторными преобразователями, использующими широтно-импульсную модуляцию, либо с релейными регуляторами тока, работающие в скользящих режимах имеют частоту коммутации достаточно высокую ($f_{к} = 3-20$ кГц) и ограничение по быстродействию отсутствует, а основным фактором является ограничение по быстродействию со стороны исполнительного механизма, обусловленные его упругими свойствами, инерционностью и люфтами. Главным фактором, ограничивающим полосу пропускания частот устройств электропривод-исполнительный механизм, оказываются упругие свойства исполнительного механизма, резонансная частота которых находится на уровне $f_n = 25-70$ Гц. При уточнении исследований динамики необходимо учитывать влияние упругости в передаче. Для этого в исследуемую модель введено звено упругости $1/J_2p$, где J_2 - момент инерции механизма подачи и последующей передачи после первой шестерни.

Работа системы осуществляется следующим образом. Вследствие увеличения коэффициента резания происходит увеличение мощности резания. Таким образом, возрастает сигнал $U_{из}$ на выходе датчика мощности. При $U_{из} > U_{ср}$ сигнал управления на входе регулятора мощности (соответственно на входе электропривода подачи) $U_y = U_{из} - U_{ТОС}$ уменьшается. Соответственно уменьшается и скорость ω электропривода подачи, следовательно уменьшается сигнал $U_{ср}$ на выходе динамической модели процесса металлообработки. Это ведет к дальнейшему увеличению напряжения $U_{ТОС}$ технологической обратной связи.

Параметры исследуемой системы (преобразователь-двигатель). Двигатель главного привода типа 2ПФ250МГ, $P_n = 22$ кВт, $n_1 = 600$ об/мин ($\omega_1 = 63$ с⁻¹), $n_2 = 1800$ об/мин ($\omega_2 = 189$ с⁻¹), $\eta = 80\%$

Двигатель привода подачи типа ПБВ 160-М: $I_{до} = 78,5$ А, $M_{до} = 76,4$ Н·м, $n_1 = 500$ об/мин ($\omega_1 = 52,5$ с⁻¹), $n_2 = 1000$ об/мин, ($\omega_2 = 105$ с⁻¹).

На основании ранее изложенных исследований процесса оптимизации металлообработки, в пакете Simulink разработана модель системы с плавающей уставкой с учетом упругостей в передаче.

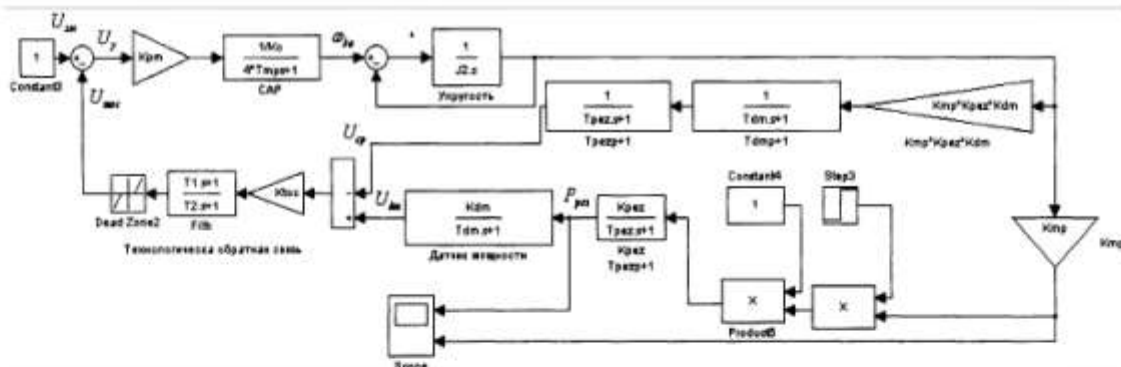


Рис. 1 – Модель системы с плавающей уставкой с учетом упругостей в передаче

На рисунках 2 и 3 представлены графики переходных процессов характеризующие ее работу.

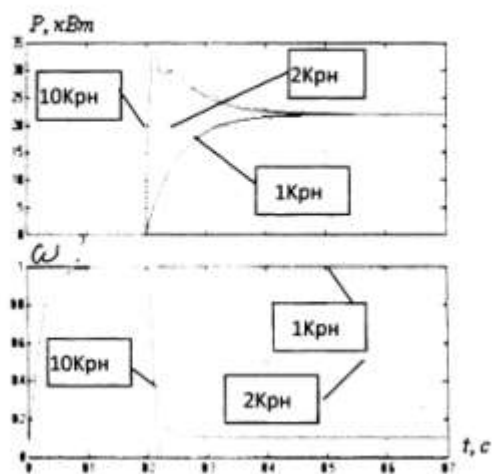


Рис. 2 – Кривые изменения мощности и скорости без учета упругости механизма

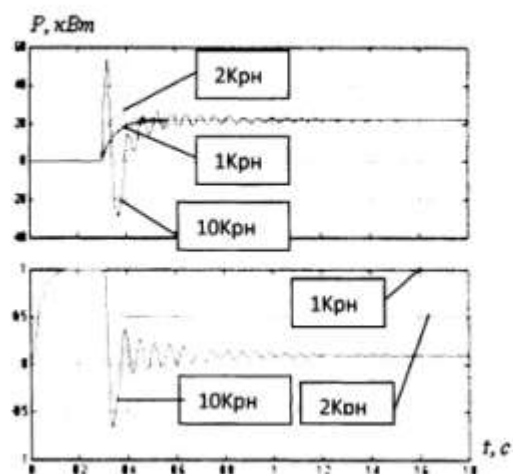
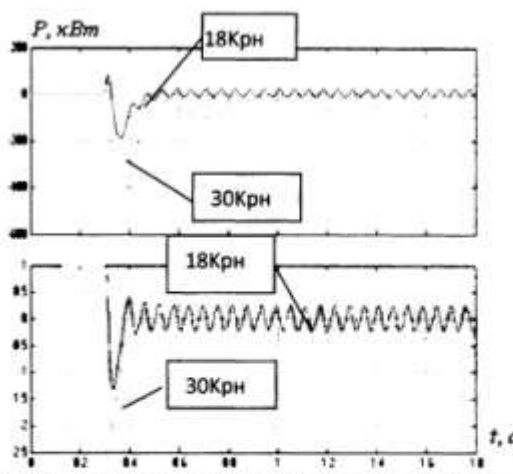
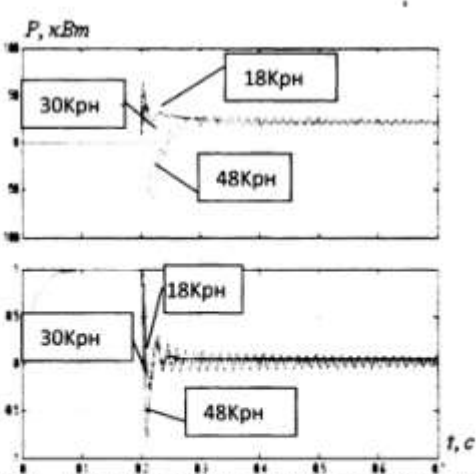


Рис. 3 – кривые изменения мощности и скорости с учетом упругости механизма



При анализе переходных процессов можно сделать выводы:

- 1) При введении в систему упругости, быстродействие системы уменьшается. Время регулирования увеличивается на 15 мс.
- 2) Устойчивость системы ухудшается при $K_p^* = 18 \cdot K_{рн}$. Появляются незатухающие автоколебания, которые невозможной устойчивую работу системы.
- 3) Приведем сравнительную таблицу результатов значений работы системы.
- 4) Частота колебаний составляет $f = 20$ Гц

Таблица 1 Сводная таблица результатов моделирования

	Без учетом упругости		С учетом упругости	
	$\sigma_{max}, \%$	$t_y, с$	$\sigma_{max}, \%$	$t_y, с$
$K_p^* = 1 \text{ Крн}$	-	0,46	-	0,54
$K_p^* = 2 \text{ Крн}$	20,5	0,46	13,6	0,54
$K_p^* = 10 \text{ Крн}$	54,5	0,46	159	1,2
$K_p^* = 18 \text{ Крн}$	81	0,28	280	-
$K_p^* = 30 \text{ Крн}$	136	0,28	445	-
$K_p^* = 48 \text{ Крн}$	218	-	-	-

Чтобы избавиться от автоколебаний, используем структурную схему приведенную в статье Поздеева [2]. Для полного решения задачи можно применить структуру с обратными связями по разности скоростей двигателя и исполнительного механизма и интегралу от этой разности. Такая коррекция эквивалентна введению связей по упругому моменту и его производной, но является простой при практической реализации, в частности в приводах подачи, которые снабжены линейными датчиками перемещения, так как отпадает необходимость использования датчиков момента. Требуется установка на валу двигателя дополнительного датчика угла поворота с одинаковой с линейным датчиком разрешающей способностью. Сигнал по разности скоростей двигателя и исполнительного механизма может быть получен цифровым дифференцированием разности сигналов пути. При достаточно высоких частотах квантования по времени в канале измерения пути и малых дискретах по уровню, учитывая соотношение частот f_{ω}/f_{12} , можно пренебречь влиянием дискретности корректирующего сигнала на характер процесса, т.е. считать систему непрерывной.

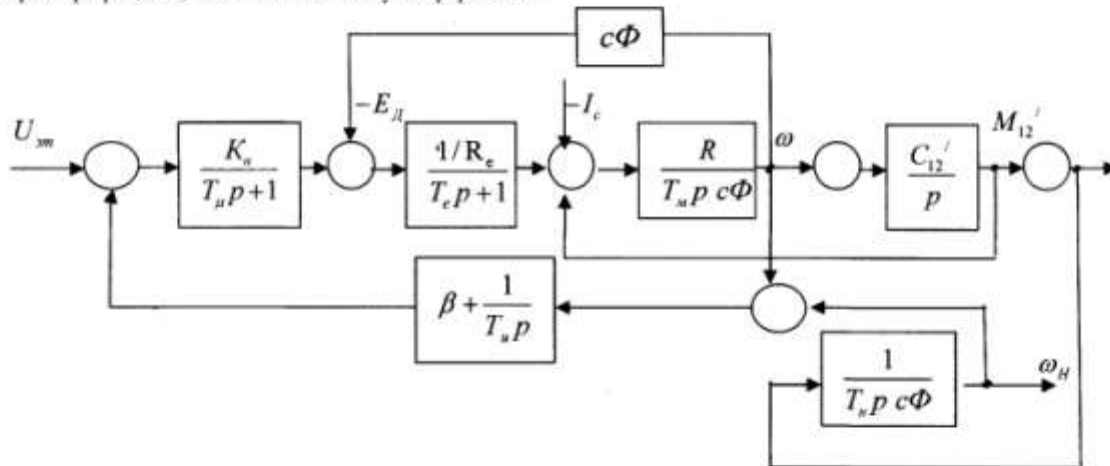


Рис. 4. Структурная схема с введением корректирующей связи по разности скоростей исполнительного механизма и двигателя

Это не входит в данную тему статьи и требует дополнительных исследований.

В таких приводах необходимо проектировать автоматизированные электроприводы с учетом упругости механической передачи.

Литература

1. Коцюбинский В.С. Адаптивная система управления резкой сортового проката // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика // Под общ. ред. В.Б. Клепикова. - Харьков. Основа, 1997. - с. 252-253.
2. Сиротин А.А., Поздеев Д.А. Синтез быстродействующих станочных приводов подачи с учетом упругости исполнительного механизма - Электротехнич. промышленность. Серия электропривод, 1984 г., выпуск 5 [127].
3. Патент Украины №19650А. Устройство для адаптивного управления процессом металлообработки / Коцюбинский В.С., Закутний А.С., Романец Р.А., Карпенко В.Н. /Украина/. Заявлено 5.02.1996, опубликовано 25.12.1997. Бюл. Промислова власність №6, 1997.
4. Шаларев Н.К. Расчет автоматизированных электроприводов систем управления металлообработкой: Учебн. пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Лыбидь, 1992. - 272 с.