

Полученные зависимости перемещений контрольных точек опорных поверхностей подшипников свидетельствуют о неравномерной деформации в направлении осей Y и X (температурные деформации в направлении оси Y ориентировочно в 2 раза больше, чем по оси X). Неравномерные деформации опорных поверхностей приведут к нарушению посадок опор подшипников шпиндельного узла, что выразится в возникновении прецессии шпинделя и, как следствие, к дополнительной погрешности в обработке.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Решетов, Д.Н. Точность металлорежущих станков / Д.Н. Решетов, В.Т. Портман – М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.
2. Кочергин, А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: учеб. пособие для вузов. – Мн.: Выш. шк., 1991. – 382 с.

УДК 681.5

Козлович К.А.

Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ НА ДИНАМИКУ САР С ОБЪЕКТАМИ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОРЯДКА

Системы автоматического регулирования (САР) широко применяются в промышленности для управления технологическими параметрами процессов и установок. При этом многие реальные объекты могут быть представлены типовыми динамическими звеньями второго и даже – первого порядка. К таковым относятся, например, установки для тепловой обработки. В то же время датчики для измерения технологических параметров, как правило, обладают значительной инерционностью. В первую очередь это относится к датчикам температуры – термопарам и термометрам сопротивления. Постоянная времени этих датчиков зависит от конструктивного исполнения и может достигать нескольких минут [1].

В связи с этим становится актуальной задача оценки влияния инерционности датчика на свойства и качество работы САР. Решение данной задачи дает ответы на следующие вопросы:

- 1) в каких случаях можно пренебречь инерционностью датчика (считать его идеальным), а в каких она должна учитываться при расчете САР;
- 2) в какой степени изменение постоянной времени датчика (вследствие его замены или изменения условий расположения) может повлиять на качество работы САР при неизменной настройке регулятора;
- 3) как необходимо корректировать параметры регулятора при изменении постоянной времени датчика.

Ответы на данные вопросы имеют практическое значение, так как позволяют более эффективно использовать САР.

Для решения поставленной задачи был проведен анализ влияния на переходные характеристики САР с объектами первого и второго порядка постоянной времени датчика при использовании ПИД-регулятора. Анализ проводился путем математического моделирования в среде программирования MATLAB. Структурная схема САР с объектом первого порядка приведена на рисунке 1.

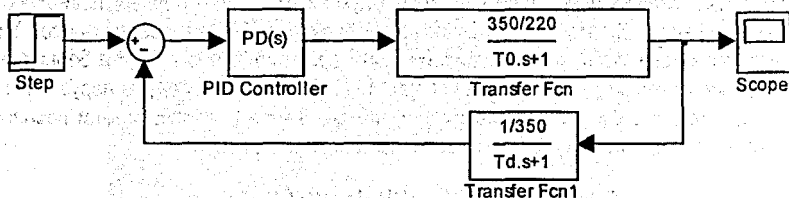


Рисунок 1 – Структурная схема САП

В приложении SIMULINK из функциональных блоков была построена аналогичная модель. С помощью данной модели исследовано влияние на переходные характеристики системы соотношения между постоянными времени объекта и датчика при использовании различных типов регуляторов.

Сначала были оценены возможности пропорционального регулятора. Для этого при различных значениях коэффициента усиления разомкнутого контура K подбиралось наибольшее возможное соотношение между постоянными времени датчика и объекта (T_d/T_o), при котором перерегулирование не превышало 5%, что соответствует технически оптимальному переходному процессу. Результаты отражены графиком на рисунке 2.

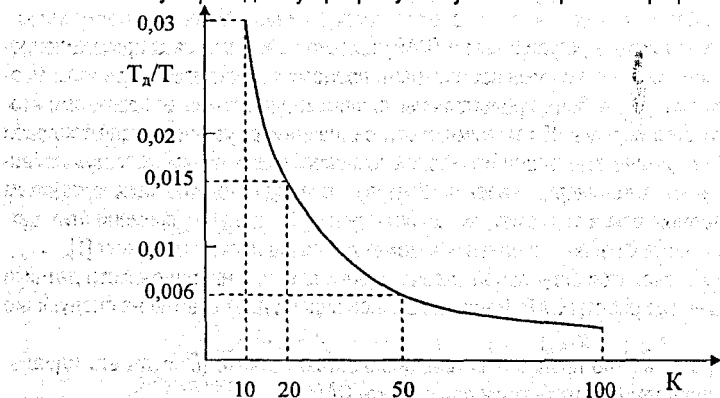


Рисунок 2 – Условия обеспечения технически оптимального переходного процесса при использовании пропорционального регулятора

Таким образом, обеспечить установившуюся ошибку $\epsilon_{уст} \leq 2\%$ при указанном ограничении на перерегулирование можно лишь при условии $T_d/T_o \leq 0,006$, а $\epsilon_{уст} \leq 5\%$ при $T_d/T_o \leq 0,015$. На практике не всегда можно подобрать датчик, для которого бы выполнялись указанные условия. В этом случае следует применять более сложные регуляторы: ПИД- или ПД-регулятор [2]. Анализ показал, что последний обеспечивает лучшее качество регулирования и является более предпочтительным в тех случаях, когда не требуется нулевая установившаяся ошибка.

В таблице 1 приведены показатели качества регулирования и соответствующие настройки ПД-регулятора. При этом во всех случаях для обеспечения $\epsilon_{уст} \leq 2\%$ принято $K=50$.

Таблица 1 – Показатели качества в САР с ПД-регулятором и объектом первого порядка

$T_d/T_o=0,05$			$T_d/T_o=0,5$		
K_d	Перерегулирование, %	Время регулирования, с	K_d	Перерегулирование, %	Время регулирования, с
240	5	17	2700	5	80
250	3	18	2800	3	75
300	0	20	2900	1	8
350	0	30	3000	0	10
400	0	40	3250	0	75

Из приведенных результатов моделирования следует, что данный тип регулятора позволяет обеспечить технически оптимальный переходный процесс в широком диапазоне изменения T_d/T_o . Оптимальному значению коэффициента K_d соответствует близкое к нулю перерегулирование и в большинстве случаев – минимальное время регулирования. При увеличении K_d растет время регулирования при нулевом перерегулировании, а при уменьшении K_d возрастает перерегулирование (увеличивается колебательность процесса) и, как следствие, растет время регулирования.

Аналогичное исследование выполнено для объекта второго порядка в виде колебательного звена. Установлено, что при использовании пропорционального регулятора обеспечить низкое перерегулирование при требуемой статической точности можно только для объектов с высоким коэффициентом демпфирования ξ . Так, при $\epsilon_{уст} \leq 2\%$ ($K \geq 50$) перерегулирование не выше 5% обеспечивается лишь для $\xi \geq 6$ и $T_d/T_o \leq 0,08$, а при $\epsilon_{уст} \leq 5\%$ ($K \geq 20$) – для $\xi \geq 4$ и $T_d/T_o \leq 0,11$. Очевидно, что далеко не все объекты обладают таким демпфированием.

Анализ системы с ПД-регулятором показал, что данный регулятор способен обеспечить требуемое качество регулирования при более низком демпфировании объекта (исследовались значения до 0,2). В таблице 2 при фиксированных значениях K и ξ приведены значения K_d регулятора, обеспечивающие перерегулирование в пределах 5% для указанных соотношений T_d/T_o . Следует отметить, что при дальнейшем увеличении T_d/T_o можно обеспечить перерегулирование в указанных пределах, однако на переходной характеристике появляется медленно затухающая колебательная составляющая. Таким образом, процесс близкий к монотонному можно получить только при $T_d/T_o \leq 0,1$. Это необходимо учитывать при выборе датчика.

Таблица 2 – Оптимальные настройки ПД-регулятора в САР с объектом второго порядка

$K=50$				$K=20$			
$\xi=0,2$		$\xi=0,5$		$\xi=0,2$		$\xi=0,5$	
T_d/T_o	K_d	T_d/T_o	K_d	T_d/T_o	K_d	T_d/T_o	K_d
0,01	900	0,01	900	0,01	1300	0,01	1150
0,03	900	0,03	950	0,03	1350	0,03	1200
0,05	1000	0,05	1000	0,05	1400	0,05	1250
0,1	1500	0,1	1400	0,1	1750	0,1	1550

Анализ САР с ПИД-регулятором показал, что данный тип регулятора позволяет получить технически оптимальный переходный процесс в более узком диапазоне отношений T_d/T_o чем ПД-регулятор для объектов первого и второго порядка. При этом требуется более точная настройка регулятора, т. е. изменение его параметров относительно расчетных значений сильнее влияет на параметры переходного процесса чем для ПД-регулятора.

В целом полученные результаты говорят о значительном влиянии инерционных свойств датчика на динамику САР. Поэтому пренебрежение инерционными свойствами (представление датчика пропорциональным звеном) в ряде случаев может привести к существенным ошибкам при расчете регуляторов. Целесообразно при выборе датчика для известного объекта определить соотношение T_d/T_0 и руководствоваться приведенными выше выводами и рекомендациями при выборе типа регулятора и расчете его параметров. Анализ системы методами математического моделирования позволяет в каждом конкретном случае найти оптимальные настройки регулятора и соответствующие значения показателей качества.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левшина, Е.С. Электрические измерения физических величин: (Измерительные преобразователи): учеб. пособие для вузов / Е.С. Левшина, П.В. Новицкий – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
2. Анхимюк, В.П. Теория автоматического управления / В.П. Анхимюк, О.Ф. Опейко, Н.Н. Михеев. – Минск: Дизайн ПРО, 2002. – 352 с.

УДК 621.91.002

Ксенда И.В.

Научный руководитель: доцент Медведев О.А.

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Проектирование надежных и точных машин, эффективных техпроцессов сборки и механической обработки их комплектующих деталей невозможно без комплексного размерного анализа объектов проектирования на основе выявления и решения конструкторских и технологических размерных цепей. На основе проектных расчетов размерных цепей можно определить технически обоснованные требования к точности размеров комплектующих деталей, исходя из требуемой точности важных функциональных геометрических параметров машины, формирующихся при ее сборке, а также определить точность выполнения технологических размеров исходя из точности чертежных размеров детали при ее механической обработке.

Методика проектных расчетов линейных размерных цепей достаточно подробно разработана и описана в учебной и специальной технической литературе [2 и др.]. В то же время вопросом выявления и решения угловых размерных цепей уделяется неоправданно мало внимания, несмотря на ряд объективных факторов, определяющих их важность:

- в большинстве случаев требуемый уровень точности размеров, определяющих угловое положение поверхностей деталей сборочных единиц (отклонение от перпендикулярности, параллельности, наклона поверхностей, торцевого биения и др.) значительно выше уровня точности линейных размеров, связывающих указанные поверхности. В соответствии с ГОСТ 24643-81, допуски формы и расположения не должны превышать определенной доли допуска соответствующего линейного размера (от 25 до 60%);
- для достижения высокой точности угловых замыкающих размеров при сборке, технически затруднительно использовать методы пригонки, регулирования, селективной сборки. Эта точность обычно достигается методами полной и неполной взаимозаменяемости, что предполагает достаточную высокую точность получения угловых размеров при изготовлении деталей;