

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ СИНХРОННОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ЦЕПИ ОБКАТА ПРЕЦИЗИОННЫХ ЗУБОФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Коршунов О.С.

Следящая система для цепи обката зубофрезерных станков (ЗС), или система синхронной связи (ССС) червячной фрезы и заготовки, имеет существенные отличия от следящих систем, осуществляющих контурные связи в других типах станков. Эти отличия связаны с достаточно большими крутящими моментами на конечных звеньях формообразующей цепи ЗС и достаточно большими скоростями этих звеньев при высоких требованиях к точности их относительного углового положения. Другим существенным фактором, влияющим на качество ССС для ЗС, являются различные ограничения параметров элементов системы, в особенности, ограничения по частотам импульсных сигналов. Все это обуславливает необходимость создания специальной методики проектирования ССС для ЗС.

Упрощенная структура ССС для ЗС показана на рис.1. Эта структура образуется при соединении: импульсных угловых датчиков, детектора фазы (электронного блока синхронной связи) и следящего привода типа ЭПБ-2. Цифрами обозначено: 1 - червячная фреза; 2 - привод червячной фрезы; 3,4 - кинематические цепи суппорта и датчика фрезы соответственно; 5 - датчик фрезы; 6 - электронная гитара; 7 - детектор частоты; 8 - детектор фазы; 9 - усилитель задания; 10 - регулятор скорости (РС); 11 - интеграл РС; 12 - силовой контур; 13 - привод стола; 14 - момент нагрузки; 15 - момент инерции системы; 16,17 - интеграл; 18 - тахогенератор, 19 - усилитель обратной связи; 20 - датчик стола; 21 - стол с заготовкой, 22,23 - кинематические цепи стола и датчика стола соответственно; С,С' - задающая координата; В,В' - следящая координата. Наша задача сводится к поиску дополнительных каналов информации, приближающих эту исходную систему к идеальной. Начальным этапом является определение идеальной следящей системы, в которой $\bar{C} = \bar{B}$.

Идеальная ССС должна обеспечивать равенство амплитуд в точках С и В при нулевом сдвиге фаз сигналов. Синтез идеальной системы может быть выполнен следующим образом. Рассмотрим следящую систему замкнутого цикла, рис.2. Если слежение осуществляется по перемещению X или по скорости задающего элемента, в системе наблюдается запаздывание на время Δt так как

$$\dot{x}_1(t) = \int_0^{\Delta t} \ddot{x}_1(t) dt + C_1 \quad (1)$$

и

$$x_1(1) = \int_0^{\Delta t} \dot{x}_1(t) dt + C_2 \quad (2)$$

Чтобы этого избежать, необходимо осуществлять слежение по ускорению $\ddot{x}_1$. Это обуславливается тем, что при равенстве $\ddot{x}_2 = \ddot{x}_1$ имеют место равенства

$$\int_0^{\Delta t} \ddot{x}_1(t) dt = \int_0^{\Delta t} \ddot{x}_2(t) dt; \quad (3)$$

$$\int_0^{\Delta t} \dot{x}_1(t) dt = \int_0^{\Delta t} \dot{x}_2(t) dt,$$

т.е. перемещения отстают от соответствующих ускорений одинаково и относительного запаздывания (сдвига фаз) нет.

Однако при такой структуре левая и правая части равенства (1) могут отличаться на постоянную интегрирования C_1 . Это значит, что система обладает астатизмом по скорости. Для устранения этого астастизма в систему необходимо ввести дополнительную цепь слежения по скорости (пунктир на рис.2), а для устранения астатизма по перемещению – соответствующую цепь слежения по (штрихпунктир на рис.2). Для улучшения динамических характеристик системы при воздействии на нее переменной силы в ее структуру необходимо ввести цепь слежения по интегралу от положения (точки на рис.2).

Итак, идеальная следящая система должна содержать в цепи задания и обратной связи каналы ускорения, скорости, положения и интеграла от положения. Это значит, что в исходной системе, рассматриваемой нами в начале, должен сниматься интеграл в приводе ЭПВ-2 и она должна дополняться каналами задания по ускорению, скорости и интегралу от положения червячной фрезы, и каналами обратной связи по ускорению и интегралу от положения. Однако, реализация канала ускорения с помощью датчиков угла импульсного типа, традиционно применяемых в ЗС с ССС, затруднена в силу неосуществимо высоких требований к точности этих датчиков при измерении с их помощью ускорения.

Анализ с помощью теории автоматического регулирования показал, что в области частот, которые необходимо отслеживать прецизионной ССС (0...200 Гц) в ее структуре достаточно иметь каналы задания и обратной связи по скорости, положению и интегралу от положения, причем коэффициенты усиления в цепи задания и соответствующей обратной связи должны быть равны друг-другу, а в цепях скорости и положения – одного порядка. В приводе же ЭПВ-2 коэффициенты усиления в канале скорости определяются необходимостью регулирования скорости вращения привода с помощью тахогенератора, имеющего определенную постоянную. То есть, с точки зрения точности работы, в канале скорости должен быть один коэффициент усиления, а с точки зрения регулирования скорости привода – другой коэффициент. Оценки показывают, что они различаются на два порядка.

Для согласования требований по скорости и требований по точности было разработано корректирующее звено, рис.3а, которое вводится в цепь задания и обратной связи по скорости.

Это звено содержит (см. рис.3а):

- активный фильтр Ф1 (см. рис.3б);
- сумматор ΣK_1 ;
- усилитель A_{K1} ;
- дифференцирующий контур D_K ;
- сумматор ΣK_1 .

Это звено позволяет изменить передаточную функцию замкнутой системы, показанной на рис1 так, что коэффициент передачи становится близким к единице в диапазоне частот 0...200Гц, в то время как в исходной системе, он близок к единице только в диапазоне 0...15Гц.

Эксперименты на имитационной модели показали работоспособность такого варианта коррекции, однако внутренние погрешности системы (например ошибки датчиков) значительно усиливаются. Для избежания этого корректирующее звено должно вводиться так же в цепи задания и обратной связи по углу. Имитационное моделирование подтвердило хорошие следящие качества такой системы.

Итак, описанная методика построения ССС для ЗС позволяет получить систему, обеспечивающую достаточно высокую точность слежения.

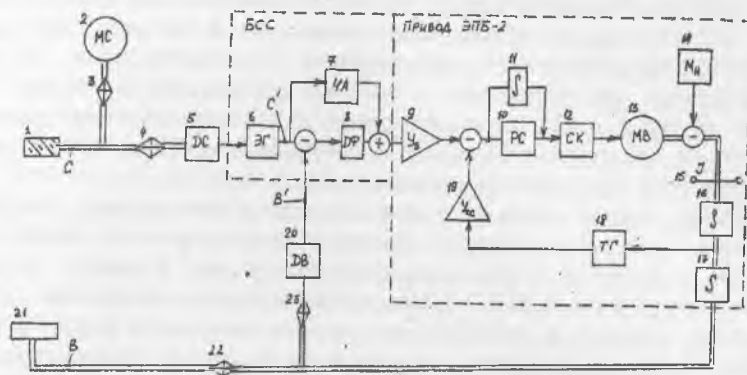


Рис. 1. Упрощенная структура ССС для ЗС

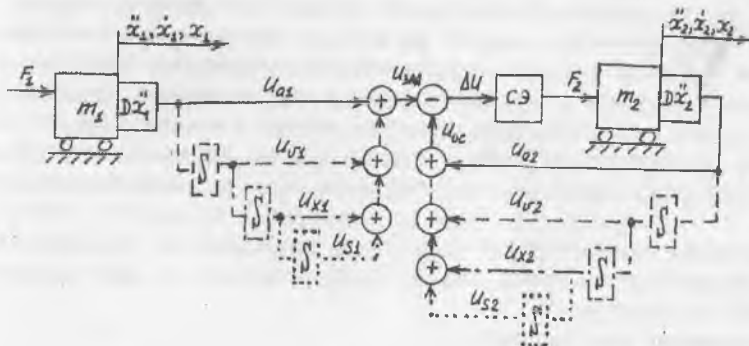


Рис. 2. К определению идеальной структуры системы синхронной связи.

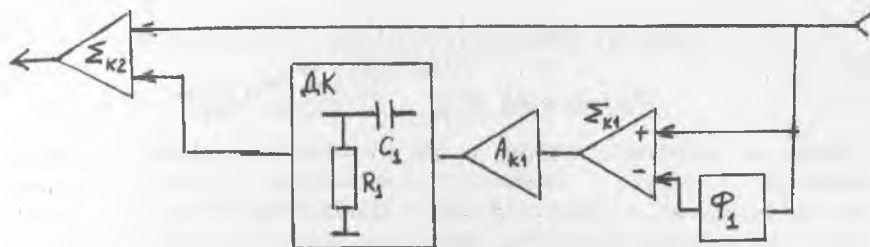


Рис. 3а. Корректирующее звено.

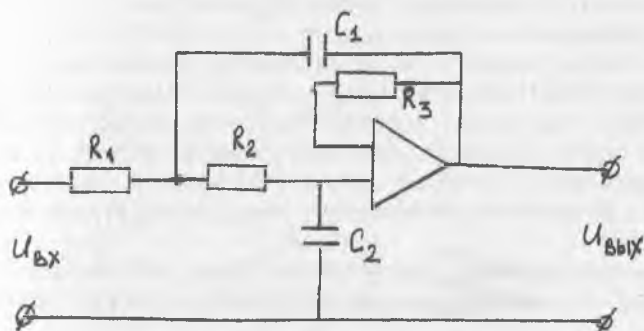


Рис. 3б. Активный фильтр.