

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗОНЫ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЛЮФТА В КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПРИВОДА ПОДАЧИ КООРДИНАТНО-РАСТОЧНОГО СТАНКА

**Я.И. Пешев, С.С. Саранцев**

Самарский государственный технический университет  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: sarmail87@mail.ru

*Рассмотрена проблема автоматического измерения величины люфта в кинематической цепи привода подачи координатно-расточного станка. Представлен алгоритм измерения и функциональная схема, реализующая метод.*

**Ключевые слова:** автоматизация, измерение, люфт, нелинейность, электропривод.

Поскольку механически люфт не всегда возможно исключить (в некоторых случаях он создается преднамеренно), то для снижения его влияния разработан ряд программно-аппаратных способов компенсации (осуществление форсированного реверса исполнительного электродвигателя для скорейшего введения в зацепление зубьев механической передачи). Основным требованием для применения программно-аппаратных способов коррекции люфта является необходимость точного измерения величины люфта. В связи с этим разработана методика автоматического измерения величины зоны нечувствительности люфта, содержащегося в кинематической цепи привода подачи КРС.

Процесс измерения величины зоны нечувствительности люфта разделен на три этапа. На первом этапе (рис. 1 – от  $t_0 = 0$  сек до  $t_1 = 5$  сек) производится введение зубьев в зацепление для того, чтобы обеспечить одинаковые начальные условия при проведении процесса измерения. На втором этапе (рис. 1 – от  $t_1 = 5$  сек до  $t_2 = 10$  сек) производится проверка отсутствия внешних возмущающих воздействий на систему, способных снизить точность результатов измерения. На третьем этапе (рис. 1 – от  $t_2 = 10$  сек до  $t_3 = 13,5$  сек) происходит непосредственное измерение зоны нечувствительности люфта.

Функциональная схема экспериментальной установки для измерения величины люфта представлена на рис. 2. На рис. 2 введены следующие обозначения: БКЛ – блок коррекции люфта; ВУ – вычислительное устройство блока коррекции люфта; РС – регулятор скорости; СП – силовой преобразователь (РС и СП входят в структуру привода FR-A 740 – 00052 ЕС производства Mitsubishi); ДВ – синхронный электродвигатель; ДС – датчик скорости электродвигателя; Ред – редуктор;  – люфт; ДП – датчик положения; S(t) – выходной сигнал системы;  $\omega_{3Д}(t)$  – сигнал задания скорости вращения электродвигателя;  $\omega_{ДВ}(t)$  – скорость вращения электродвигателя; ШИМ – широтно-импульсный модулятор вычислительного устройства; ДИ – дискретный вход вычислительного устройства; АО – аналоговый выход вычислительного устройства.

Процесс измерения происходит следующим образом: в момент начала измерения (см. рис. 1,  $t = t_0 = 0$  сек) в вычислительном устройстве обнуляются счетчики положения входного ( $n1$ ) и выходного ( $n2$ ) валов. Далее вычислительное устройство формирует на аналоговом выходе положительный сигнал задания скорости вращения электродвигателя. Двигатель начинает вращать входной вал редуктора с шестерней ( $Z1$ ), расположенной на нем по направлению хода часовой стрелки. Счетчики входных ( $n1$ ) и выходных валов ( $n2$ ) начинают инкрементироваться.

Вращение будет осуществляться до тех пор, пока значение счетчика импульсов положения выходного вала не достигнет  $n2 = n_{\alpha_p}$  ( $t = t_1 = 5$  сек), что соответствует повороту выходного вала на угол  $\alpha_p$  ( $\alpha_p$  – угол поворота выходной шестерни на величину шага зуба). Величина угла поворота шестерни, равная углу  $\alpha_p$ , выбирается исходя из того, что максимально возможная величина люфта в механическом соединении не может превысить этот угол ( $\alpha_p > \alpha_{л}$ ), то есть поворот выходного вала редуктора на угол  $\alpha_p$  будет означать, что люфт гарантированно выбран. Затем счетчики положения входного и выходного валов обнуляются ( $n1 = n2 = 0$ ), двигатель продолжает вращаться в том же направлении. Вращение будет осуществляться до тех пор, пока значение счетчика выходного вала не составит  $n2 = n_{\alpha_p}$ . Поскольку люфт в редукторе был выбран, значения счетчиков импульсов датчиков положения входного и выходного валов редуктора должны быть равны ( $n1 = n2$ ). Отсутствие равенства значений счетчиков будет означать неточность выполнения эксперимента, причиной которого могут служить неточность ввода данных, действие на систему возмущающего воздействия и т. д. В таком случае вычислительное устройство выдаст сигнал ошибки и процесс измерения будет остановлен.

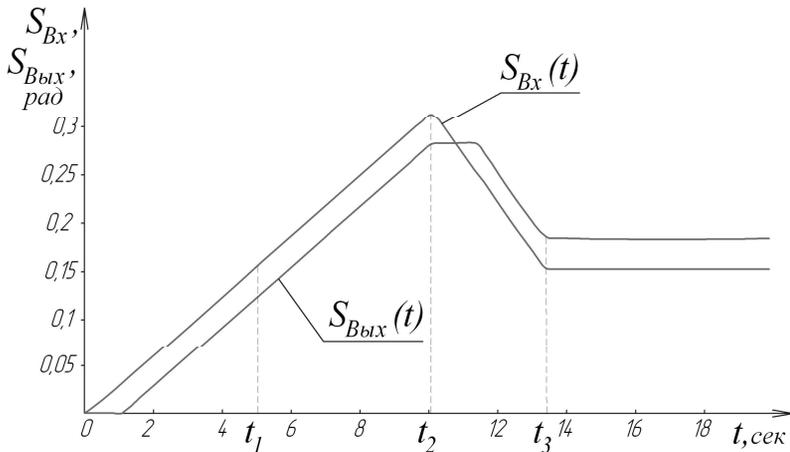


Рис. 1. Графики изменения угла поворота входного и выходного валов редуктора

Если значения счетчиков импульсов датчиков положения входного и выходного валов редуктора достигнут значения  $n1 = n2 = n_{\alpha_p}$ , вычислительное устройство изменит знак сигнала задания скорости (рис. 3,  $t = t_2 = 10$  сек) и входной вал редуктора будет вращаться в направлении, противоположном ходу часовой стрелки.

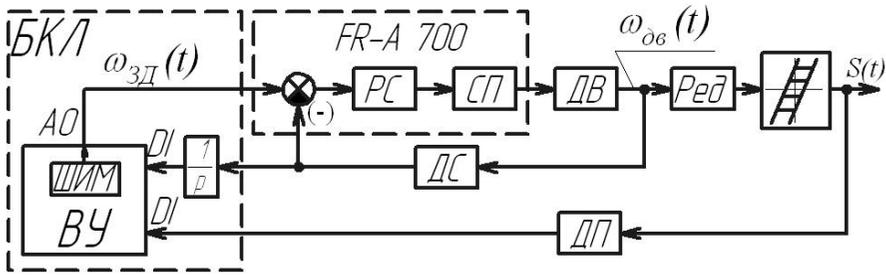


Рис. 2. Функциональная схема привода подачи экспериментальной установки

Как только значение счетчика импульсов датчика положения, расположенного на входном валу, будет равно нулю  $n1 = 0$  при  $t = t_3 = 13,5$  сек, значение в счетчике положения выходного вала ( $n2$ ) будет соответствовать искомой величине люфта. На этом цикл измерения считается окончанным, серводвигатель останавливается, а измеренная величина люфта сохранится в памяти вычислительного устройства. Блок-схема процесса измерения величины зоны нечувствительности люфта показана на рис. 1.

На рис. 3. введены следующие обозначения: 1 – инициализация процесса измерения величины люфта; 2 – переход; 3 – ввод числа зубьев шестерен редуктора ( $p$ ); 4 – сброс счетчиков ( $n1 = 0$ ;  $n2 = 0$ ); 5 – включение сигнала вращения электродвигателя в прямом направлении; 5 – провернулся ли входной вал редуктора на угол  $\alpha_p = 360^\circ / p$  ( $n1 = n_{\alpha_p}$ ); 6 – сброс счетчиков ( $n1 = 0$ ;  $n2 = 0$ ); включение сигнала вращения электродвигателя в прямом направлении; 7 – провернулся ли входной вал редуктора на угол  $\alpha_p = 360^\circ / p$  ( $n1 = n_{\alpha_p}$ ); 8 – проверка условия  $n1 = n2 = n_{\alpha_p}$ ; 9 – включение сигнала вращения электродвигателя в противоположном направлении; 10 – показать сообщение «Ошибка процесса измерения»; 11 – проверка условия  $n1 = 0$ ; 12 – сохранение измеренной величины люфта редуктора ( $2C = n2$ ).

Следует заметить, что точность измерения люфта напрямую зависит от точности датчика, контролирующего положения исполнительного органа (в экспериментальном стенде – угловой датчик положения выходного вала редуктора), и скорости вращения выходного вала редуктора во время измерения (скорость вращения должна выбираться из условий скорости обработки датчиков положения).

Как было отмечено ранее, недостатком программно-аппаратных способов коррекции люфта является необходимость точного измерения величины люфта.

Поскольку в процессе работы станка происходит износ узлов станка, их температурные деформации и т. д., существует необходимость в периодическом замере

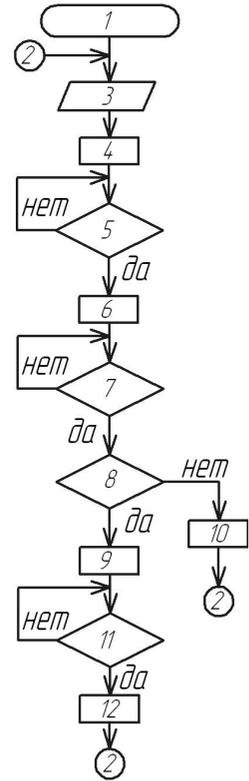


Рис. 3. Блок-схема процесса измерения величины зоны нечувствительности люфта

величины люфта, что легко реализуется за счет применения представленного автоматического способа измерения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лысов В.Е., Саранцев С.С.* Математическая модель позиционно-слеящего электропривода с линеаризованной нелинейностью в кинематической цепи // Компьютерная интеграция и ИПИ-технологии: Сб. материалов V Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург: ИП Осиночкин Я.В., 2011. – 639 с.
2. *Лысов В.Е., Саранцев С.С.* Повышение динамической точности позиционно-слеящего электропривода с нелинейностью типа «люфт» в кинематической цепи // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки, 2011. – № 1 (29). – С. 179-184.

*Статья поступила в редакцию 4 декабря 2012 г.*

### **EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF THE SIZE OF DEAD ZONE OF THE BACKLASH IN KINEMATICAL CHAIN OF DRIVE SYSTEM OF JIG BORING MACHINE**

*Y.I. Peshev, S.S. Sarantsev*

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

*The problem of an automatic measurement of the size of dead zone of the backlash in kinematical chain of the jig boring machine is considered in this paper. Algorithm of automatic measurement and functional scheme of this system are given.*

**Keywords:** *automatic, backlash, nonlinearity, measurement, electric motor drive.*