

## ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

**Ковальчук А.В., доц., к.т.н.; Ульянов С.В., магистрант;**

**Кононский А.В., магистрант**

*кафедра электромеханических систем автоматизации и электропривода*

Использование цифровых управляющих устройств придает системам свойства, труднодостижимые или вообще недостижимые в непрерывных системах [1]. Рассмотрим, например, задачу стабилизации скорости. Простейшим способом стабилизации скорости является применение непрерывных систем с обратной связью по скорости. Скорость двигателя в таких системах в установившемся режиме определяется выражением:

$$\omega = \frac{U_{\zeta} k_1}{1 + k_1 k_{i.\bar{n}.}} - \frac{\Delta \omega_p}{1 + k_1 k_{o.c.}},$$

где  $U_{\zeta}$  - напряжение задания;  $k_1$  - произведение коэффициентов передачи звеньев прямой цепи контура регулирования;  $k_{i.\bar{n}.}$  - коэффициент обратной связи по скорости;  $\Delta \omega_p$  - отклонение скорости в разомкнутой системе.

Статическую погрешность стабилизации скорости  $\Delta \omega_p / (1 + k_1 k_{o.c.})$  теоретически можно неограниченно уменьшать за счет повышения коэффициента усиления разомкнутой системы  $k = k_1 k_{o.c.}$ . Статическая погрешность может быть также уменьшена за счет введения компенсирующей положительной обратной связи по току нагрузки. Уравнение статической характеристики в этом случае имеет вид:

$$\omega = \frac{U_{\zeta} k_1}{1 + k_1 k_{i.\bar{n}.}} - \frac{\Delta \omega_p}{1 + k_1 k_{o.c.}} \left( 1 - \frac{k_{i.\bar{\delta}.} k_2}{R_{\bar{y}}} \right),$$

где  $k_{i.\bar{\delta}.}$  - коэффициент обратной связи по току;  $k_2$  - коэффициент передачи звеньев системы, охваченных обратной связью по току;  $R_{\bar{y}}$  - сопротивление якорной цепи.

Теоретически статическая погрешность может быть сведена к нулю, если коэффициент обратной связи по току выбрать из условия  $k_{i.\bar{\delta}.} k_2 = R_{\bar{y}}$ , т.е. обеспечить полную компенсацию отклонения скорости, вызванного током нагрузки.

В однократноинтегрирующей системе подчиненного регулирования с пропорциональным регулятором скорости:

$$\omega = \frac{U_{\zeta}}{k_{i.\bar{n}.}} - \frac{I_{\bar{y}} k_{i.\bar{\delta}.}}{k_{i.\bar{n}.} k_{\bar{\delta}.\bar{n}.}},$$

где  $k_{\partial.\bar{n}}$  - коэффициент усиления регулятора скорости. Жесткость характеристики определяется соотношением коэффициентов  $k_{i.\partial.}$ ,  $k_{i.\bar{n}}$ ,  $k_{\partial.\bar{n}}$ .

В двухкратноинтегрирующей системе подчиненного регулирования статическая ошибка теоретически равна нулю.

Таким образом, во всех рассмотренных случаях теоретически статическую ошибку можно неограниченно уменьшать или полностью компенсировать. Однако повышение коэффициента усиления системы даже до бесконечности не влияет на погрешности задающего устройства, датчика скорости и органа сравнения. Поэтому практически достижимая статическая точность при любой структуре электропривода определяется возможной точностью задания и измерения скорости.

Для повышения точности задания задающее устройство можно строить на основе стабилизаторов напряжения на кремниевых стабилитронах и транзисторах или использовать специальные микросхемы. Такие стабилизаторы без регулирования выходного напряжения и при условии термостатирования могут обеспечить точность поддержания напряжения до  $\pm 0,01$  %. Однако недостаточно иметь эталонное напряжение, необходимо иметь возможность легко изменять его уровень с тем, чтобы вводить различные задания. Это требование усложняет стабилизатор, а главное – увеличивает его погрешность не менее чем до 0,1 %.

В качестве датчика (измерителя) скорости обычно используется тахогенератор постоянного тока. Его погрешность зависит от многих факторов, основными из которых являются: изменение потока возбуждения, как в следствии изменения индукции постоянных магнитов, так и в результате изменения зазора между полюсами и якорем в зависимости от температуры нагрева; изменение падения напряжения в якоре и щеточных контактах; изменение падения напряжения в проводах, соединяющих тахогенератор с регулятором при изменении температуры окружающей среды. Все это приводит к тому, что погрешность измерения скорости при помощи тахогенератора постоянного тока составляет 1-2 %.

Таким образом, в обычных аналоговых системах стабилизации скорости практически нельзя получить погрешность менее 2,5 %. Улучшая качество элементов, применяя температурную стабилизацию, можно снизить погрешность до 0,5-1 %, однако при этом неизбежно усложнение системы электропривода и снижение ее надежности.

Одним из способов повышения точности стабилизации скорости является отказ от традиционного тахогенератора и использование импульсного датчика скорости, выдающего периодический сигнал с частотой  $f_{\bar{n}} = zn / 60$ , где  $z$  - количество импульсов, вырабатываемых датчиком за один оборот вала;  $n$  - частота вращения, об/мин. Вырабатывая сигнал, строго пропорциональный средней скорости, импульсный датчик не вносит никакой установившейся погрешности и создает предпосылки для существенного повышения точности системы.

В качестве источника задающего сигнала можно использовать генератор частоты с кварцевым резонатором. Такие генераторы имеют погрешность  $10^{-3} \dots 10^{-4} \%$ . Задание скорости в этом случае осуществляется с помощью дискретных делителей частоты, не вносящих никакой погрешности.

Использование импульсного измерения скорости и частотного задатчика приводит к необходимости построения цифровых систем.

Основные преимущества цифровых систем заключаются в их высокой точности, помехозащищенности и возможности реализации очень сложных алгоритмов управления. Кроме того, расширяются возможности дистанционного управления, появляется возможность непосредственного ввода задания от ЭВМ.

Более высокая точность цифровых систем по сравнению с аналоговыми определяется цифровой формой представления информации. Точность ввода задания, измерения выходных координат электропривода и выполнения всех операций вычислительным устройством теоретически не имеет предела и определяется только числом разрядов цифрового кода. Повышенная помехозащищенность также объясняется кодоимпульсным представлением сигналов, действующих в системе.

К недостаткам цифровых систем относят их большую сложность по сравнению с непрерывными. Однако с развитием элементной базы, рассмотрением выпуска микропроцессорных комплектов интегральных схем и микро-ЭВМ на их базе эти недостатки становятся менее существенными и открываются перспективы все более широкого применения цифровых систем.

Системы управления могут быть полностью цифровыми или цифроаналоговыми. В цифроаналоговых системах цифровым является только внешний (основной) контур регулирования, а все внутренние (подчиненные) контуры – аналоговыми.

### **Перечень ссылок**

1. Трахтенберг Р.М. Импульсные астатические системы электропривода с дискретным управлением. – М.: Энергоиздат, 1982. – 168 с., ил.