Цифровые системы управления электроприводов

ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Перечень основной литературы

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов /А.С. Анучин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.

2. Встраиваемые высокопроизводительные цифровые системы управления: учебное пособие /А.С. Анучин, Д.И. Алямкин, А.В. Дроздов, В.Ф. Козаченко, А.С. Тарасов; подобщ.ред. В.Ф. Козаченко. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010 . – 270 с.

3.Онищенко Г. Б. Электрический привод: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Г.Б. Онищенко. – 3-е изд., испр. и доп . – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 288 с.

Перечень дополнительной литературы

1.Основы D –и Z – преобразований. Конспект лекций для студентов, обучающихся по специальности 180400 «Электропривод и автоматика
промышленных установок и комплексов» / сост.В.М. Иванов. – Ульяновск: УлГТУ, 2001. – 36 с.

2.Терехов В.М. Системы управления электроприводов. Учебник для студ. высш. учеб.заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В. М. Терехова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.

3.Егоров В.Н., Корженевский – Яковлев О.А. Цифровое моделирование
систем электроприводов/ В.Н.Егоров,О.А. Корженевский – Яковлев. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 167 с.:ил.

Структурные особенности дискретных систем управления. Квантование информации по уровню и времени

Общие сведения о дискретных системах управления

Структурные особенности дискретных систем управления

Основные особенности дискретных систем управления связаны с процессами квантования информации по уровню и по времени. Для перехода от аналоговых величин к цифровым используются аналого-цифровые преобразователи АЦП. К числу наиболее распространенных АЦП относятся: преобразователи: напряжение-код, частота код, фаза код. В цифровой системе автоматического регулирования (см. рис. 1.1) для отображения процессов квантования информации по уровню вводятся нелинейные звенья НЗ1, НЗ2. Необходимые свойства системы и поведение объекта $W_0(p)$ в переходных режимах обеспечивается за счет введения программного регулятора $W_p(z)$. Для реализации законов управления и для обработки

информации требуется некоторое время. Время приема и выдачи информации пренебрежительно мало, по сравнению с общим временем, затрачиваемым на реализацию алгоритмов управления. Прием и выдача информации с ЭВМ отображается введением идеальных импульсных элементов ИЭ1 и ИЭ2. Согласование выходных сигналов цифрового регулятора с сигналами управления объектом осуществляется с помощью цифроаналоговых преобразователей ЦАП. Его свойства, как нелинейного звена, аналогичны АЦП. Однако с учетом того, что разрядность ЦАП больше разрядности АЦП, эти свойства обычно не учитываются, и ЦАП представляется в виде фиксирующего звена (экстраполятора нулевого порядка $W_э(p)$).

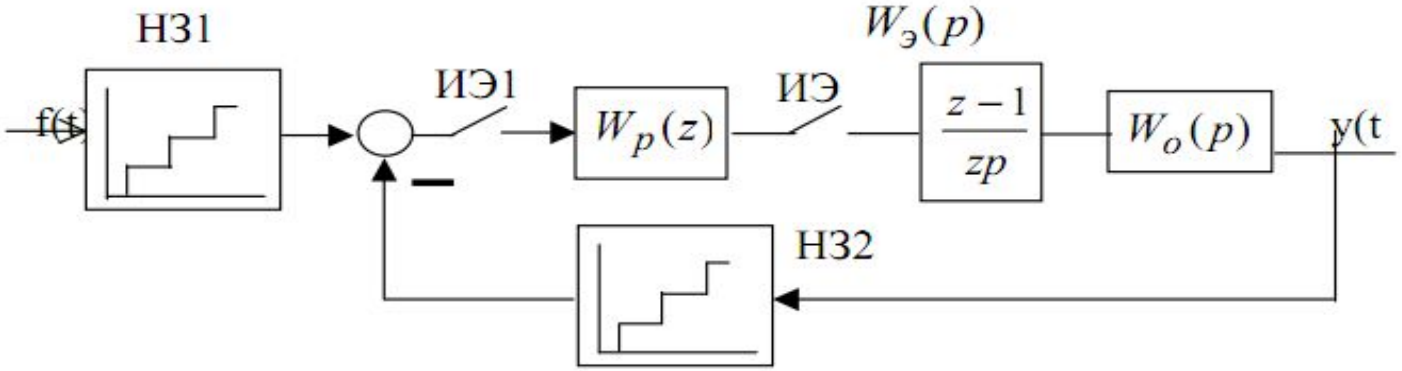

Рис.1.1

Квантование информации по уровню

Квантование по уровню осуществляется в АЦП. Типичная нелинейная характеристика в виде многоступенчатого релейного устройства изображена на рис.1.2, а. Выходной сигнал АЦП формируется как совокупность целых чисел $f_o = ent(f/\sigma))$, где σ – это шаг квантования информации по уровню.

Второй подход к исследованию нелинейных свойств АЦП основан на линеаризации его характеристики (рис.1.2, б). Первый блок соответствует линеаризованной части нелинейной характеристики, его коэффициент передачи равен $K_A=1/\delta$. Второе звено с пилообразной характеристикой учитывает нелинейную добавку. Влияние этого звена можно оценить, если представить его как источник шума квантования. При равновероятностном законе распределения дисперсия шума округления в АЦП составляет $D=\delta 2/12$.

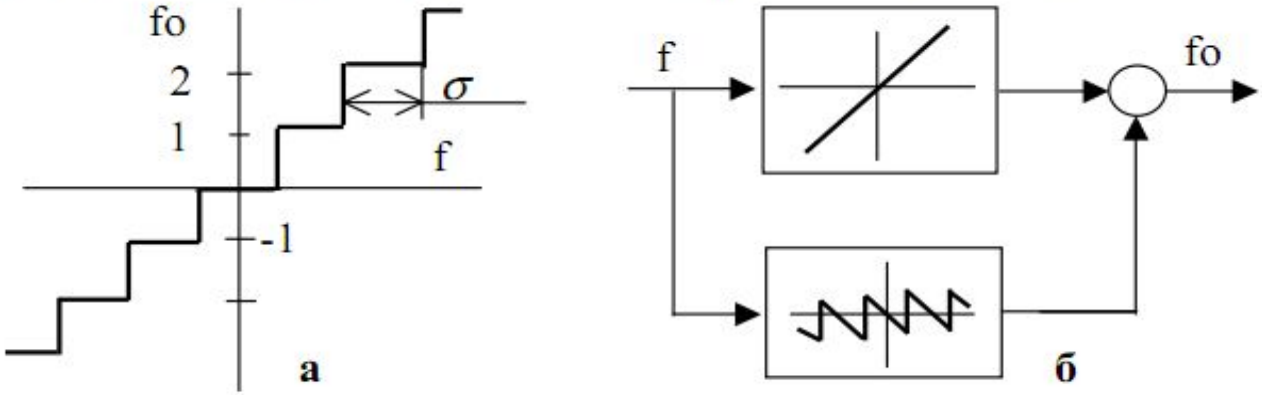

Рис. 1.2

Квантование информации по времени

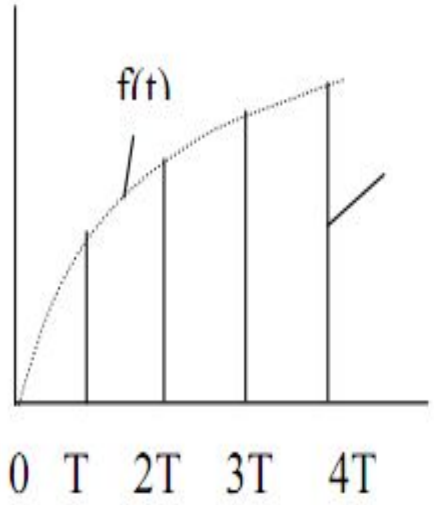

Рис. 1.3

Процесс выборки информации в дискретные моменты времени называется квантованием информации по времени (рис. 1.3). Эти дискретные выборки определяют по своей совокупности решетчатую функцию $f[nT]$, значения которой определены только в моменты времени $t = nT$, где T 2 период повторения, n21,2,3… Вопросы, связанные с поведением систем, в которых осуществляется квантование информации по времени, изучается в теории линейных импульсных систем. [1,2,3,4,6].

Преобразование аналогового сигнала в дискретный осуществляется с помощью АЦП. Если АЦП осуществляет преобразование на частоте синхронной с частотой ШИМ и частотой отработки цифрового регулятора, то k-ая выборка в дискретном времени определяется значением сигнала в момент времени kT, где T — период дискретизации:

Если в цифровой системе управления используется технология oversampling, то формула преобразуется:

$$x[k] = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x\left(kT + \frac{i}{N} T\right), \tag{3.66}$$

где N — количество преобразований АЦП по данному каналу за период квантования (кратность оверсемплинга). Для 8-кратного преобразования в соответствии с (3.13) выражение (3.66) запишется в следующем виде:

$$x_8[k] = \frac{1}{8}\left[x(kT) + x\left(kT + \frac{1}{8} T\right) + x\left(kT + \frac{2}{8} T\right) + \ldots + x\left(kT + \frac{7}{8} T\right)\right]. \tag{3.67}$$

Структура цифровой системы управления электропривода с квантованными сигналами представлена на рис. 3.37.

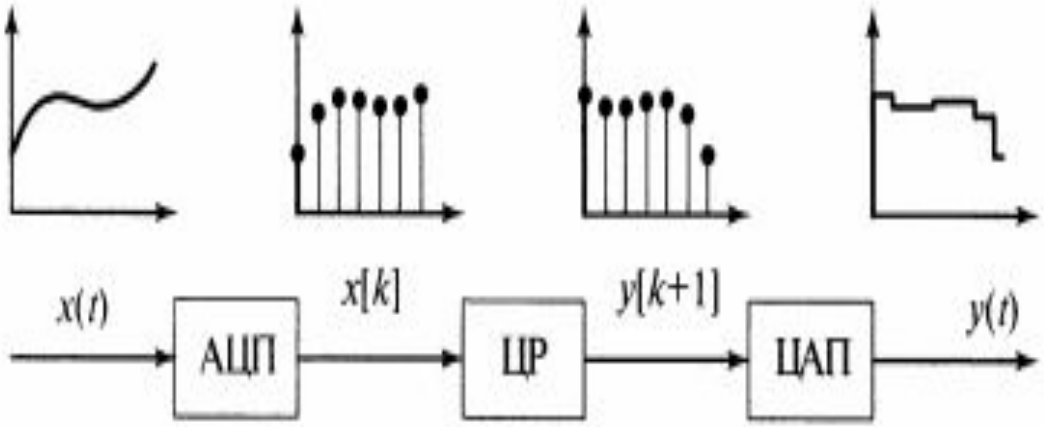

Рис. 3.37. Система управления с квантованными сигналами

Для преобразования из дискретной области в непрерывную используется экстраполятор, который технически выполняется в виде ЦАП. Наиболее простым примером экстраполятора может служить фиксатор нулевого порядка (zero-order hold или ZOH), который в момент времени kT фиксирует на своем выходе значение $y[k]$ и держит его до момента времени $(k + 1)T$, когда на выходе происходит фиксация значения $y[k + 1]$ и т.д. Рассмотренный экстраполятор является весьма идеализированным. На практике цифро-аналоговое преобразование выполняется в электроприводе посредством силового преобразователя. Инвертор, управляемый методом ШИМ, формирует на обмотках двигателя напряжение сложной формы. Фаза, обладая индуктивностью, фильтрует приложенное напряжение, и в фазе протекает относительно «гладкий» ток. Так как именно «гладкий» ток формирует момент, то можно рассматривать ШИМ как способ усреднения приложенного к фазе напряжения и отождествлять систему «ШИМ — инвертор» с фиксатором нулевого порядка.

В дискретном времени процессы описываются через уравнения вида [15]:

$$y[k] + b_1 y[k-1] + \ldots + b_N y[k-N] = \\ = a_0 x[k] + a_1 x[k-1] + \ldots + a_N x[k-N]. \qquad (3.68)$$

Как и в линейных системах запись этого уравнения может быть выполнена в операторной форме, но вместо оператора дифференцирования $p = d/dt$ используется оператор прямого сдвига z. Прямой сдвиг описывается выражениями:

$$z\,x[k] = x[k+1], \qquad (3.69)$$

$$z^m x[k] = x[k+m]. \qquad (3.70)$$

Из представленных уравнений (3.69) и (3.70) следует, что оператор физически нереализуем, так как он позволяет получить достоверное будущее значение сигнала, что невозможно на практике. Поэтому данный оператор используют только с нулевой или отрицательными степенями. Тогда выражение (3.68) запишется в виде

$$y[k] + b_1 z^{-1} y[k] + \ldots + b_N z^{-N} y[k] =$$

$$= a_0 x[k] + a_1 z^{-1} x[k] + \ldots + a_N z^{-N} x[k], \qquad (3.71)$$

или

$$(1 + b_1 z^{-1} + \ldots + b_N z^{-N}) y[k] = (a_0 + a_1 z^{-1} + \ldots + a_N z^{-N}) x[k]. \quad (3.72)$$

Тогда передаточная функция $W(z) = y[k]/x[k]$ для выражения (3.72) запишется в виде

$$W(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + \ldots + a_N z^{-N}}{1 + b_1 z^{-1} + \ldots + b_N z^{-N}}. \qquad (3.73)$$

Если умножить числитель и знаменатель на z^N, тогда выражение передаточной функции запишется без отрицательных степеней:

$$W(z) = \frac{a_0 z^N + a_1 z^{N-1} + \ldots + a_N}{z^N + b_1 z^{N-1} + \ldots + b_N}. \qquad (3.74)$$