XXX Юбилейная Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч. VII: С. 69-71, 2002.

УДК 62 - 83: 621.313

Е.П. Степанова (5 курс, кафедра САУ), С.А. Ковчин, д.т.н., проф.

УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Физическая модель цифрового электропривода (ЦЭП) представлена на рис.1.

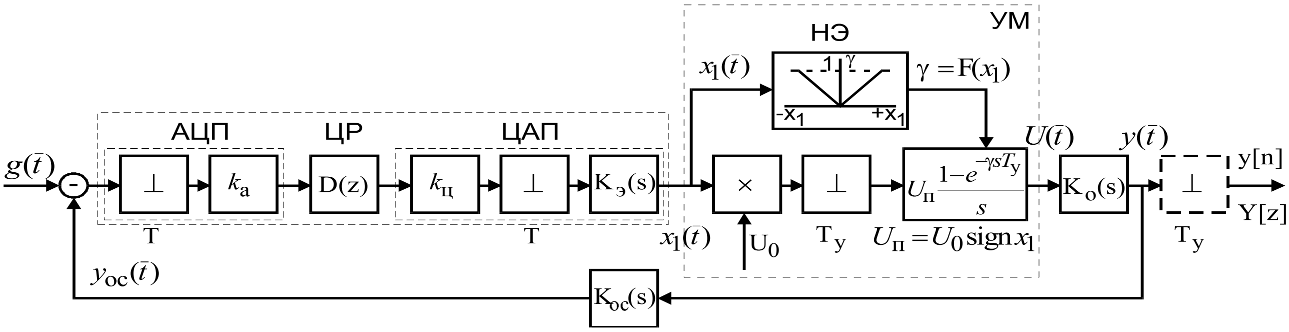

Рис.1. Структурная схема электромеханической системы с цифровым управлением.

В состав модели электромеханической системы (ЭМС) с вентильными двигателями или двигателями постоянного тока входят: цифровой регулятор (ЦР) с дискретной передаточной функцией (ДПФ) D(z), программно реализующей коррекцию системы; усилитель мощности (УМ), формирующий импульсы выходного напряжения U(t) с периодом коммутации T_y; непрерывный объект управления (ОУ) с передаточной функцией (ПФ) $K_o(s)$ и датчик сигнала обратной связи с ПФ $K_{oc}(s)$.

Цифровой регулятор включает аналого-цифровой и цифро-аналоговый преобразователи (АЦП) и (ЦАП), квантующие информацию с периодом *T*, и вычислительное устройство, реализующее ДПФ *D(z)*. Коэффициенты передачи АЦП и ЦАП соответственно приняты: $k_A = 1/\delta_A$ и $k_ц = \delta_ц/1$, где δ_A и $\delta_ц$ кванты аналогового сигнала этих преобразователей. На выходе модели ЦАП имеется еще экстраполятор с ПФ $K_Э(s)$. Обычно преобразователи подбираются так, чтобы $\delta_A = \delta_ц$, тогда $k_A = 1$ *и* $k_ц = 1$. Поскольку в реальных устройствах $T << T_y$, то дискретностью ЦР можно пренебречь. Тогда дискретная модель ЦР заменяется аналоговой - с ПФ *D(s)*.

Усилитель мощности включает нелинейный блок умножения напряжения $U_o(t)$ и знака сигнала $x_1(t)$, а также ключ с периодом коммутации T_y; на выходе последнего формируется импульсный сигнал $U_П[\,n\,] = U_o\ sign\ x_1$. Нелинейный элемент (НЭ) преобразует сигнал $x_1(t)$, в относительную ширину γ импульсного напряжения *U(t)* выхода формирователя. Таким образом, расчетная модель УМ сохраняет свойства дискретной динамической нелинейности.

Часто модель датчика обратной связи представляют апериодическим звеном с малой постоянной времени T_{oc} и с ПФ такого вида:

$$K_{oc}(s) = k_Д(1 + T_{oc}\,s)^{-1} \approx k_Д\,.$$

Далее, для упрощения решений, принимаем: $K_{oc}(s) \approx k_Д$.

Для решения задачи синтеза введем процедуру получения решетчатых функций "средних значений" ($РФ_{ср}$), описанную в работах [1, 2]. При использовании $РФ_{ср}$, в расчетной модели ЭМС будем оперировать не реальными импульсами напряжения U[n], а их средними значениями $U_{icp}[\,i\,] = \gamma_i U_o \equiv x_{1cp}[\,i\,]$. Это позволяет исключить динамическую нелинейность

$U(t)$, вызванную его трансцендентной зависимостью от $x_1(t)$, и заменить широтно-импульсную модуляцию реальной системы амплитудо-импульсной модуляцией.

Мы предлагаем проводить синтез таких аналого-дискретно-аналоговых систем (АДАС) с использованием двухмерных ДПФ, предложенных С.А. Ковчиным.

Двухмерные ДПФ представляют собою отношение изображений сигналов, но одно из них имеет экспоненциальный комплексный аргумент $(z = exp\ sT)$, а другое - комплексный аргумент $(s = \alpha \pm j\omega)$.

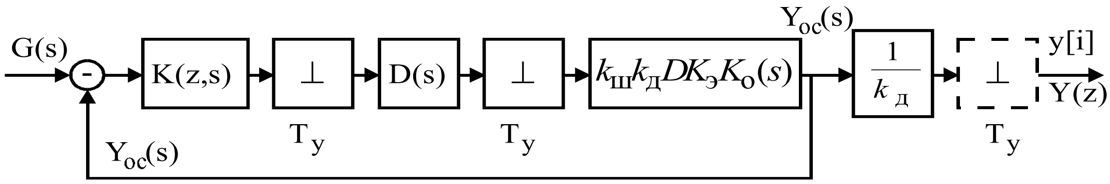

Рис.2 Расчетная модель аналого-дискретно-аналоговой системы.

На рис.2, в отличие от рис.1, на входе системы введены дополнительно импульсный элемент и звено с двухмерной ДПФ $K(z,s)$ на основе таких соображений.

$$K_c(s) = \frac{Y(z)}{E(s)} = \frac{Y_{OC}(z)/k_Д \cdot E(z)}{E(s) \cdot E(z)} = K(z,s) \cdot K_c(z), \tag{1}$$

где $K(z,s) = E(z)/E(s); K_c(z) = Y_{OC}(z)/k_Д \cdot E(z)$.

Далее:

$$K(z,s) = \frac{G(z) - Y_{OC}(z)}{G(s) - Y_{OC}(s)} = \frac{G(z)(1-\Phi(z))}{G(s)(1-\Phi(s))} = \delta_G(z,s)\Delta_c(z,s), \tag{2}$$

где $\delta_G(z,s) = \dfrac{G(z)}{G(s)};\qquad \Delta_c(z,s) = \dfrac{1-\Phi(z)}{1-\Phi(s)} = \dfrac{1+D(s)k_ш K_э K_o(s)}{1+D(z)k_ш K_э K_o(z)}$.

Из формулы (2) легко получить:

$$\Delta_c(\lambda, \omega) = \frac{|1+D(j\omega)k_ш k_э K_o(j\omega)|}{|1+D(j\lambda)k_ш k_э K_o(j\lambda)|} \approx 1.$$

Тогда формулу (1) представим в виде:

$$K(z,s) = \delta_C(z,s) = G(z)/G(s).$$

Сигналы $G(s)$ и $G(z)$ задаются, поэтому можно найти ДПФ $K(z, s)$ и провести указанные ниже исследования. Пусть $g(t) = 1(t)$, тогда будем иметь:

$$K(z,s) = zsT/(z-1);\quad K(w,s) = (1+0{,}5Tw)s/w.$$

Принимая $s=j\omega$ и $w=j\lambda$, а также $\omega = 2/T\,(\mathrm{arctg}\ 0{,}5T\lambda)$, получим:

$$K(\lambda)=\sqrt{1+(0{,}5T\lambda)^2}\,2\arg tg0{,}5T\lambda/\lambda T;\ \varphi(\lambda)=+\pi/2-\pi/2+\mathrm{arc}tg\ 0{,}5T\lambda.$$

Выражение $K(\lambda)$ неудобно для практического использования. Поэтому предложим аппроксимированную ДПФ дополнительного звена в плоскостях "w" и "z" в таком виде:

$$K(w,0)\approx\frac{1+(T/4)w}{1+(T/2\pi)w}\quad \text{и}\quad \varphi(\lambda)\approx+2\ \mathrm{arc}tg\ (T/4)\lambda-\mathrm{arc}tg\ (T/2\pi)\lambda.$$

В дальнейших расчетах принято:

$$K_1(z,0)\approx1{,}1378\cdot(z+0{,}333)/(z+0{,}517).$$

После этого синтез АДАС можно выполнить, используя методику В.А. Бесекерского. Но для этого нужно получить взаимосвязь параметров переходных процессов с показателем колебательности М. Нами рассчитаны такие таблицы для объектов, имеющих в разомкнутом состоянии ПФ типа 2-1-2, которые приведены в докладе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Шипилло В.П.* Операторно-рекуррентный анализ электрических цепей и систем - М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. *Ковчин С.А., Фан Лицзинь* Свойства упругих электромеханических систем с цифровым управлением // Труды СПбГТУ ,№462,- СПб.: 1996.