

УДК 681.51.09:681.587.72

# КОРРЕКТИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА НА АКТИВНЫХ ФИЛЬТРАХ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Чепендюк Н.Н., Чепендюк С.В.

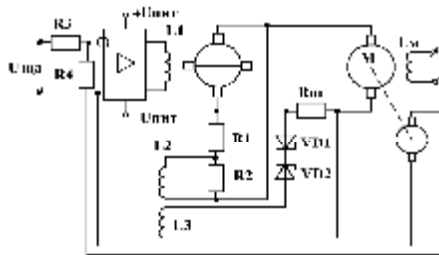
*Предлагается метод коррекции систем автоматического управления электроприводами постоянного тока (САУ ЭП ПТ) с помощью корректирующих устройств на активных фильтрах. Такие корректирующие устройства позволяют максимально компенсировать инерционность прямого канала САУ.*

В работе [1] был предложен метод расчета и анализа САУ ЭП ПТ по заданным показателям качества с учетом возможности технической реализации. Третий этап этого метода – коррекция системы. Один из подходов к этой проблеме заключается в разработке и построении корректирующих устройств (КУ) на активных фильтрах, компенсирующих инерционность прямого канала.

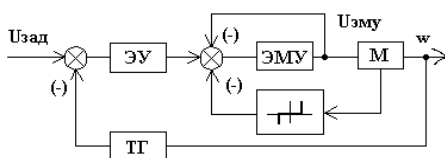
Фильтром называется устройство, устанавливаемое в электрической цепи с целью изменения соотношения между частотными составляющими спектра проходящего через него сигнала. Активными называются фильтры, содержащие активные элементы (активные четырехполюсники в частности, усилители) [3].

Рассмотрим пример построения КУ на активных фильтрах для системы, принципиальная и структурная схемы которой изображены на рисунке 1, где ЭМУ – электромашинный усилитель, ЭУ – электронный усилитель, ТГ – тахогенератор

Введение глубокой обратной связи по напряжению в ЭМУ позволило сделать его постоянные времени ничтожно малыми по сравнению с постоянными времени электродвигателя. Поэтому постоянными времени ЭМУ можно пренебречь и рассматривать имеющуюся систему как САУ более низкого порядка [1]. Таким образом,



а)



б)

Рисунок 1 – Пример электропривода постоянного тока: а) схема электрическая принципиальная; б) структурная схема

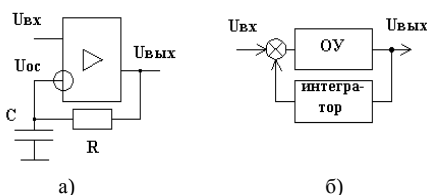


Рисунок 2– Дифференцирующее КУ первого порядка: а) схема электрическая принципиальная; б) структурная схема

основное влияние на инерционность системы оказывают параметры электродвигателя. Следовательно, их необходимо использовать в качестве исходных величин для расчета КУ. В этом случае корректирующее устройство должно представлять собой дифференцирующее звено

второго порядка.

Дифференцирующее КУ можно получить, включив в цепь обратной связи усилителя с большим коэффициентом усиления интегрирующее звено. Принципиальная и структурная схемы дифференцирующего КУ первого порядка изображены на рисунке 2. Передаточная функция такого звена имеет вид

$$\Phi = \frac{k_{OY}}{1 + k_{OY} \frac{1}{1 + \tau S}}, \quad (1)$$

где  $k_{OY}$  – коэффициент усиления операционного усилителя (ОУ);  $\tau = RC$  – постоянная времени интегрирующей цепи.

Дифференцирующее КУ второго порядка должно содержать в цепи обратной связи интегрирующее звено второго порядка. Если в качестве такого звена использовать электронную модель двигателя постоянного тока [2], то можно получить дифференцирующее КУ, амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики которого будут представлять собой зеркальные отображения аналогичных характеристик двигателя. С целью предотвращения возникновения искажений типа «ограничение выходной величины» корректирующего устройства, обусловленных конечным значением напряжения питания оконечного каскада операционного усилителя КУ, необходимо произвести расчет соотношений между входными и выходными величинами электронного усилителя и КУ. Величина выходного напряжения электронного усилителя ограничивается напряжением питания. Следовательно, при подаче на вход электронного усилителя (ЭУ) напряжения больше некоторой величины (назовем ее  $U_{ЭУ\text{ex}}^{\max}$ ) выходной сигнал ЭУ будет оставаться неизменным, близким к напряжению питания (режим «ограничения выходной величины»). Величину  $U_{ЭУ\text{ex}}^{\max}$  можно определить как

$$U_{ЭУ\text{ex}}^{\max} = \frac{U_{\text{ном}}}{k_{ЭУ}}, \quad (2)$$

где  $U_{nut}$  – напряжение питания электронного усилителя;  $k_{эу}$  – коэффициент передачи электронного усилителя.

Так как  $U_{эу\text{ вх}}$  является выходной величиной корректирующего устройства, то можно утверждать, что если максимальное выходное напряжение корректирующего устройства  $U_{КУ\text{ вых}}^{\max}$  больше  $U_{эу\text{ вх}}^{\max}$ , то КУ не будет вносить искажений типа «ограничение выходной величины» при работе системы. Исходя из этого, напряжение питания корректирующего устройства необходимо рассчитывать по формулам

$$\begin{aligned} U_{КУ\text{ нут}} &\geq 1,2 U_{эу\text{ вх}}^{\max}, \\ U_{КУ\text{ нут}} &< U_{эу\text{ вх}}^{\max\text{ доп}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $U_{эу\text{ вх}}^{\max\text{ доп}}$  – максимально допустимая величина входного напряжения ЭУ, ограниченная его техническими данными.

При этом следует стремиться, чтобы величина  $U_{КУ\text{ нут}}$  была как можно ближе к величине  $U_{эу\text{ вх}}^{\max\text{ доп}}$ .

При разработке корректирующего устройства следует учитывать его перегрузочную способность по входу. Максимальное напряжение, которое может оказаться на входе КУ в результате наибольшего рассогласования в системе

$$U_{КУ\text{ вх}}^{\max} = |U_{\text{вх зад}}| + |U_{ТГ}|, \quad (4)$$

где  $U_{\text{вх зад}}$  – задающий сигнал на входе системы;  $U_{ТГ}$  – сигнал обратной связи.

Если эта величина превышает допустимое значение, обусловленное техническими данными ОУ1, то на входе КУ необходимо установить резистивный делитель напряжения, обеспечивающий снижение  $U_{КУ\text{ вх}}^{\max}$  до допустимого значения. Для компенсации влияния этого делителя коэффициент усиления электронного усилителя необходимо увеличить так, чтобы

$$\frac{k_0 \cdot k_{\text{рез}}}{k_{эу}} = 1, \quad (5)$$

где  $k_0$  – коэффициент резистивного делителя на входе КУ;  $k_{\text{рез}}$  – коэффициент электронного усилителя после введения резистивного делителя;  $k_{эу}$  – исходный коэффициент передачи ЭУ до введения корректора

Принципиальная электрическая схема

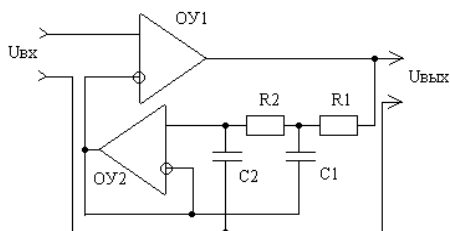


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема

дифференцирующего КУ второго порядка изображена на рисунке 3.

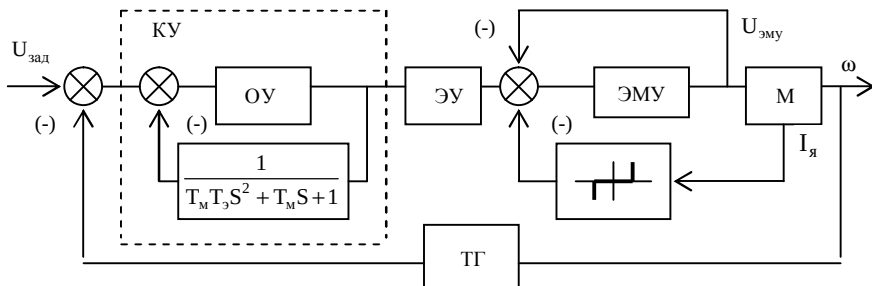


Рисунок 4– Структурная схема скорректированной системы

Передаточная функция звена обратной связи корректирующего устройства, выполненного на ОУ2, R1, R2, C1, C2, описывается выражением

$$F_1 = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2 p^2 + (R_1 + R_2) C_2 p + 1} = \frac{1}{T_M T_9 p^2 + T_M p + 1}, \quad (6)$$

где  $T_M = (R_1 + R_2) C_2$ ;  $T_9 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C_1$ .

Полная передаточная функция такого КУ описывается выражением

$$\Phi = \frac{k_{OY1}}{1 + k_{OY1} F_1}. \quad (7)$$

Структурная схема скорректированной системы изображена на рисунке 4. Отсюда видно, что полученное корректирующее звено позволяет реализовать передаточную функцию, обратную передаточной функции двигателя. Таким образом, применение дифференцирующего КУ позволяет сформировать в прямом канале САУ предвысказания, компенсирующие амплитудные и фазовые искажения, вносимые электродвигателем. Следует отметить, что введение корректирующего устройства не позволяет полностью компенсировать инерционность системы. Это обусловлено наличием отрицательной обратной связи по току в ЭМУ, которая применяется с целью ограничения тока якоря двигателя и предотвращения перегрузок исполнительного электродвигателя. Тем не менее, введение такого КУ позволяет создать минимально инертную систему при данном наборе составляющих ее элементов и узлов.

При необходимости подобного рода корректирующее устройство можно построить и для компенсации инерционности электромашинного

усилителя. Это должно быть дифференцирующее КУ второго порядка, включенное в прямой канал САУ между входным сумматором системы и входом КУ двигателя. Соотношения между входными и выходными величинами такого корректора можно рассчитать по уравнениям (2) и (3).

*Библиография*

1 Чепендюк Н.Н. Метод расчета и анализа систем автоматического управления электроприводов постоянного тока / Н.Н.Чепендюк, С.В.Чепендюк // Оптимизация производственных процессов: Сб.науч.тр. — Севастополь, 2001. — Вып. 4. — С. 144 – 149.

2 Чепендюк Н.Н. Электронная модель двигателя постоянного тока / Н.Н.Чепендюк, С.В.Чепендюк // Вестн. СевГТУ: Сб.науч.тр. — Севастополь, 2000. — Вып. 23. — С. 88 – 93.

3 Кауфман М. Практическое руководство по расчетам схем в электронике: Справ. в 2 т. Т.2 : Пер.с англ. / М.Кауфман, А.Сидман; Под ред. Ф.Н. Покровского — М.: Энергоатомиздат, 1993. — 288 с.

*Поступила в редакцию 14.02.2000 г.*