УДК 621.313.333

ДИСКРЕТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЕ

Опейко О.Ф., Несенчук А.А.
Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Известен синтез управления электроприводами в предположении непрерывности системы, основанный на последовательной оптимизации контуров.

Целью работы является синтез и анализ двухконтурной подсистемы управления скоростью с дискретными робастными ПИ-регуляторами.
В электроприводах управление формируется в микроконтроллере за время T_C интервала дискретности. Структура на рисунке 1 содержит дискретные ПИ- регуляторы $K_d(z) = K_q(z) = b_1 + b_0\ T_C/(z\text{-}1)$ тока, потокосцепления ротора $K_\Psi(z)$ и скорости $K_\omega(z)$ и непрерывный объект управления - асинхронный двигатель (АД).

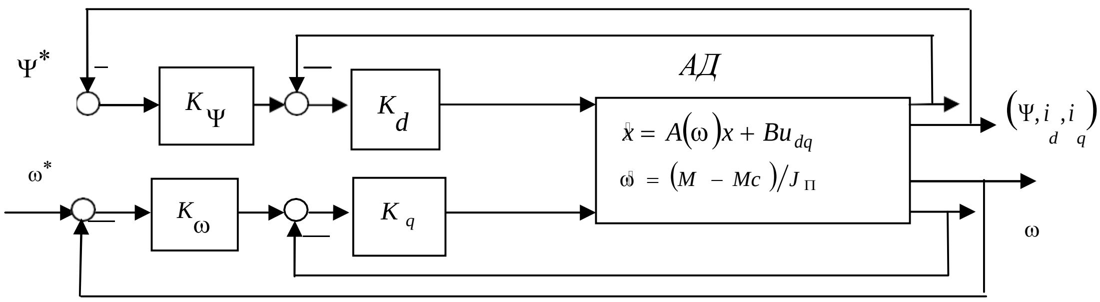

Рисунок 1 – Структура системы

Предполагая, что при управлении скоростью ω потокосцепление Ψ постоянно, перекрестными связями между каналами внутри объекта АД пренебрегают.

Синтез ПИ-регуляторов основан на расположении корней $z_i = \sigma_i$ (i = 1,..4) или близких к ним действительных либо комплексных значений $z_{i,,i+1} = \sigma_i \pm j\upsilon_i$ внутри единичного круга на плоскости z, что обеспечивает процессы, близкие к апериодическим. Дискретная передаточная функция (ДПФ) $W_s(z)$ синтезированной замкнутой подсистемы преобразуется [1], переходя к новой переменной $q = (z\text{-}1)$. Учитывая, что если $s < 0{,}2/T_C$ то $q \approx T_C s$, к характеристическому полиному $N_s(q) = q^4 + a_1\, q3 + a_2 q^2 + a_3 q + a_4$ применимы методы анализа, известные для непрерывных систем.

Корневой портрет системы управления определяется семейством характеристических полиномов

$$\boldsymbol{P_s(q) = \{p(q) = a_0 q^n + a_1 q^{n-1} + \ldots + a_n,:\ a_0 > 0, j = 0, \ldots, n\},} \quad \textbf{(1)}$$

где вектор коэффициентов $a = (a_0,\ a_1,\ \ldots,\ a_{n-1},\ a_n)$ принадлежит интервальному множеству неопределенности $A = \{a \in R^{n+1}\ :\ \underline{a}_j \le a_j \le \overline{a}_j\}$.

Динамика системы управления приводом описывается семейством дискретных полиномов вида

$$\boldsymbol{N_s(q)=q^4+a_1q^3+(a_{20}+b_pa_{2b})q^2+b_p\,a_3q+b_pa_4,}\quad \mathbf{(2)}$$

где b_p – изменяющийся параметр объекта, $b_p \in[\underline{b}_p, \bar{b}_p]$.

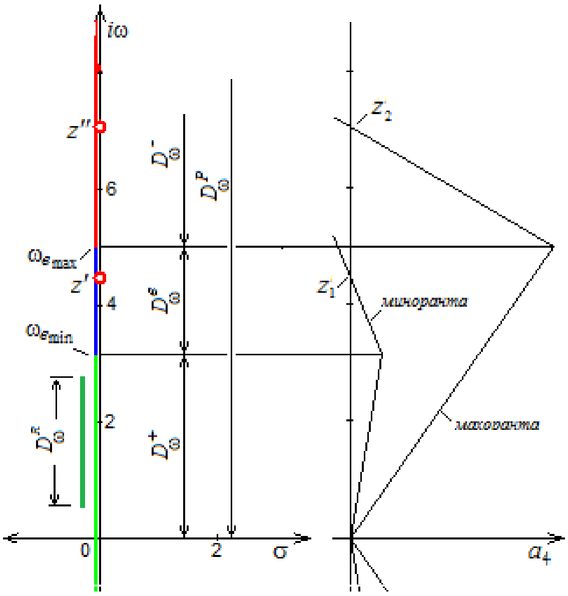

Рисунок 2 – Распределение функции параметра

После формирования для (1) уравнений корневого годографа и параметра [2], строится диаграмма распределения функции параметра вдоль границы устойчивости (рисунок 2) на основе метода, описанного в [2]. Согласно рисунку 2, реальная область пересечений D_ω^R границы устойчивости ветвями годографов семейства (2) располагается в пределах области D_ω^+ возрастания функции параметра. Поэтому, при данной конфигурации системы имеются интервалы параметров (коэффициентов (2)), при которых система устойчива, а для проверки устойчивости всего семейства достаточно одного полинома с постоянными коэффициентами из (2):

$$s^4 + \bar{a}_1 s^3 + \underline{a}_2 s^2 + \underline{a}_3 s + \bar{a}_4 = p_1(s),$$

который после подстановки всех физических параметров системы принимает вид:

$$\boldsymbol{s^4+0{,}499s^3+0{,}0717s^2+0{,}0016s+96{,}9e^{-6}=p_1(s)}\qquad \mathbf{(3)}$$

и устойчивость которого гарантирует устойчивость всего семейства (2). Поскольку полином (3) устойчив, семейство (1), (2), а, следовательно, и система управления электроприводом в целом является устойчивой.

Заключение. Контур тока должен иметь расчетные полюса в 4 и более раз превосходящие по модулю расчетные полюса контура скорости, тогда корни полинома $N_s(q)$ обеспечат требуемое качество в широком диапазоне изменения параметра b_p объекта управления.

1. Джури Э. Инноры и устойчивость динамических систем. М.: Наука. 1979. – 304 с.

2. Nesenchuk A.A. Investigation of behavior and synthesis of interval dynamic systems' characteristic polynomials based on the root locus portrait parameter function / A.A. Nesenchuk // American Control Conference (ACC 2018): Proceedings of the 60th American Control Conference, Milwaukee, USA, June 27–29, 2018 / – Milwaukee, 2018. – P. 2041 – 2046.