

ствующих отрицательным значениям вещественных частей корней характеристического полинома, а следовательно, устойчивости системы. Визуализация результатов исследования характеристического по-

линома с возможностью определения границ устойчивости по одному параметру k_5 представлена на рис. 1.

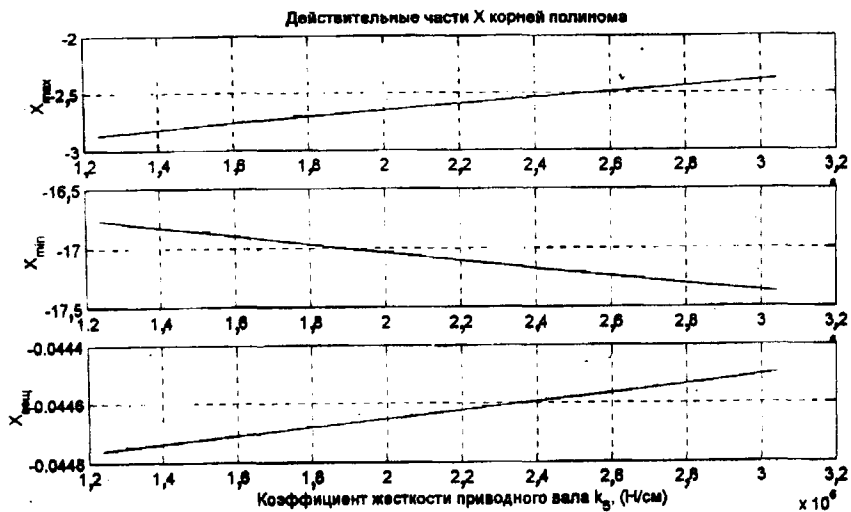


Рис. 1

Изменение динамической жесткости k_5 связано с использованием принципа предварительно напряженного состояния конструкции приводного вала отжимного устройства с целью увеличения его жесткости за счет создания дополнительной осевой нагрузки, создаваемой и регулируемой гидравлическим механизмом в процессе работы валкового устройства [4]. Результаты анализа показывают, что устойчивость системы определена отсутствием вещественных частей корней в правой комплексной полуплоскости на всем интервале значений динамической жесткости k_5 (рис.1) при нулевом положении равновесия изображающей точки фазового пространства.

По причине линеаризации уравнений возмущенного движения системы теория первого приближения не всегда приводит к правильным заключениям о поведении системы. Для решения вопроса об устойчивости или неустойчивости полинома без предварительного вычисления его корней воспользуемся критерием Гурвица, дающим возможность не только установить картину распределения корней полинома (нулей определителя системы), выражающих ее собственные частоты на комплексной плоскости (рис.2), но и определить необходимые изменения параметров системы в направлении, обеспечивающем устойчивость движения системы (рис.3).

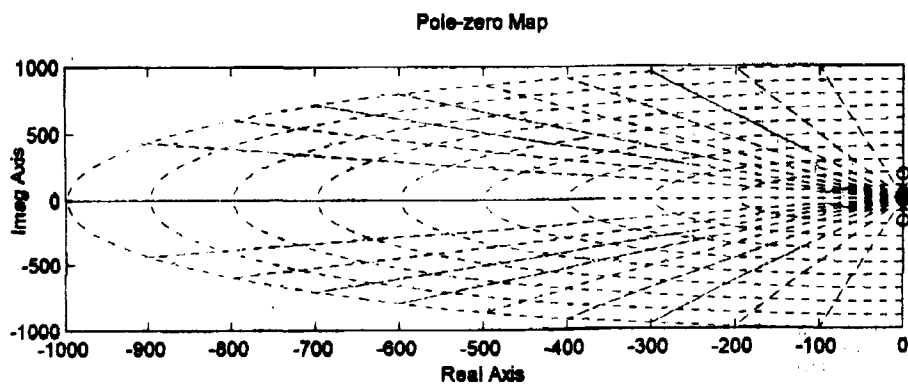


Рис. 2

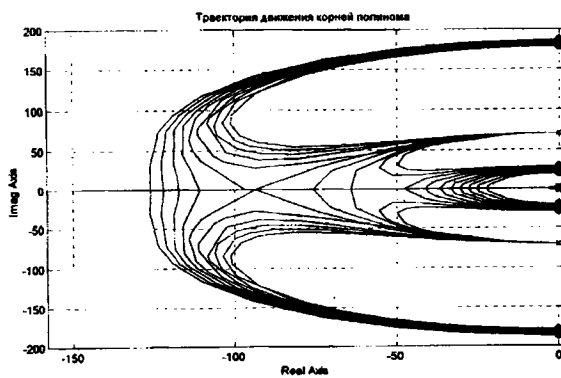


Рис. 3

Рассматривая переменные k_i, τ_i и m_i как ветви механической цепи и определив, имеет ли характеристический полином (1) вещественные коэффициенты и отсутствие нулей в правой полуплоскости, установим соответствие исследуемого полинома полиному Гурвица. В соответствии с методом [5] характеристический полином представлен в виде суммы четной и нечетной частей

$$D_z(p) = m(p) + n(p),$$

где $m(p)$ и $n(p)$ – слагаемые, содержащие коэффициенты при членах полинома с четными и нечетными степенями соответственно.

Одновременно с определением выражения (1) как полинома Гурвица, мы имеем возможность выразить реактивную функцию системы через отношение $m(p)/n(p)$, которая тесно связана с обратной связью, характеризующей отклик системы в целом на внешнее воздействие.

Процедура проверки системы на устойчивость по Гурвицу заключалась в разложении (со старшей степенью в числителе) в цепную дробь вида [5]:

$$\frac{m(p)}{n(p)} = b_1 p + \frac{1}{b_2 p + \frac{1}{b_3 p + \frac{1}{b_4 p + \frac{1}{b_5 p}}}}$$

причем $m(p)/n(p)$ будет реактивной функцией при условии для всех $b_i > 0$ (при допущении $b_1 = 0$), а физический смысл нулей $D_\Sigma(p)$ заключается в их соответствии ре-

зонансу сил, а полюсов – резонансу скоростей. Карта расположения на комплексной плоскости нулей и полюсов полинома и траектории движения корней полинома (рис.2 и 3) получены в результате создания процедурой-конструктором TF-модели [6] при использовании установленных матриц ячеек числителей и знаменателей отношения $m(p)/n(p)$. Положение нулей и полюсов на мнимой оси свидетельствует об условной устойчивости системы в целом, а численный анализ цепной дроби для каждого варианта сочетаний входных параметров свидетельствует об устойчивости системы на третьем и восьмом шаге значений жесткости k_5 .

ВЫВОДЫ

1. Разработан алгоритм численного эксперимента, позволяющий решать задачи анализа и синтеза динамической системы с пятью степенями свободы на основе теорем первого приближения и критерия устойчивости Гурвица.

2. Результаты вычислительного эксперимента позволили вести наблюдения за состоянием устойчивости системы при различных численных значениях входных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 6. С. 91...93.
2. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 1. С. 102 ... 106.
3. Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 2. С. 134...138.
4. Патент РФ № 1747571 МКИ D06C 15/08. Вал для машин отделочного и бумажного производства / Е.Н. Калинин, Ю.Л. Талепоровский, А.И. Куликов. – Оpubл. 1992. Бюл. №26.
5. Сешу С., Балабанян Н. Анализ линейных цепей / Пер. с англ. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963.
6. Лазарев Ю.Ф. MatLAB 5.x – К.: Издательская группа ВНУ, 2000.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 20.03.01.