

УДК 621.90.001

Е.Н. Супроненко (6 курс, каф. ГАК), В.А. Шмаков к.т.н., доц.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Конструктивное решение привода главного движения станка, кроме заданных кинематических, динамических, технологических, эстетических и прочих характеристик должно удовлетворять еще и экономическим требованиям и, в первую очередь, требованиям минимальной металлоемкости, которая обычно находится в прямой зависимости от габаритов механизма. Можно утверждать, что задача выбора оптимального варианта привода в общем случае представляет собой сложную многоэкстремальную задачу нелинейного программирования. Эта задача может быть решена разными конструкторами не однозначно, хотя и достаточно рационально во всех случаях, причем всегда останется потенциальная возможность нахождения лучшего варианта конструкции. Поэтому данную задачу можно отнести к числу неформальных.

Целью данной работы является выбор ряда критериев оптимальности при разработке структурных сеток привода ступенчатого регулирования.

Аналитически структурная сетка записывается с помощью структурной формулы:

$$Z = P_1(a_1) P_2(a_2) \dots P_i(a_i) \dots P_\omega(a_\omega), \quad (1)$$

где Z - число ступеней; P - целое число, характеризующее количество передач в группе; ω - число групп передач в приводе. Существует зависимость значений членов Z , P , a и ω при разработке структурной формулы (1):

$$Z = P_1 P_2 \dots P_i \dots P_\omega, \quad (2)$$

$$a_1 = 1, a_2 = P_1, a_3 = P_2 a_2, a_i = P_{i-1} a_{i-1}, a_\omega = P_{\omega-1} a_{\omega-1}. \quad (3)$$

Условие (3) отражает кинематический порядок групп передач в приводе. Структурная сетка строится на ряде параллельных прямых, каждая из которых соответствует одному валу механизма. Назовем эти прямые уровнями. На уровнях отмечаются точками условные частоты вращения соответствующего вала. Число точек на нижнем уровне равно числу скоростей Z механизма, соответствующего данной сетке. Некоторые точки соседних уровней соединены лучами, символически изображающими определенную передачу. Число лучей, исходящих из одной точки, равно числу скоростей P_i групповой передачи.

Число возможных вариантов структурных сеток E для одной структурной формулы равняется

$$E = \frac{(\omega!)^2}{\prod K_i!},$$

где Π - оператор произведения; K_i - число групп с одинаковым количеством передач.

График частот вращений в общем случае представляет собой деформированную структурную сетку с указанием конкретных значений передаточных отношений и чисел оборотов. Каждой структурной сетке, в свою очередь, соответствует несколько более или менее приемлемых графиков частот вращений. Таким образом, варибельность решения задачи еще более расширяется.

При заданных значениях Z и P_i в зависимости от выбранных коэффициентов a_i могут быть получены структурные сетки, имеющие различное количество вершин и ребер, а иногда и уровней.

Для оценки структурных сеток с одинаковыми значениями Z и P_i будем руководствоваться соображениями, продиктованными практикой - удобством эксплуатации и конструктивной простотой моделируемого объекта.

1. Сетка, имеющая меньшее количество ребер v_e и вершин v_v , имеет меньшее число

циклов (переключений).

2. Уменьшение числа циклов в сетке приводит к уменьшению коэффициентов a_i для высших уровней, что, как известно, соответствует большей компактности зубчатого механизма.

3. Сетке с меньшим значением ω отвечает система с соответственно меньшим числом уровней структуры. Так для зубчатого механизма уменьшение значения ω на единицу значительно упрощает его конструкцию: аннулируется вал, подшипники этого вала и расточки под них в корпусе механизма, зубчатые колеса одной групповой передачи, детали механизма переключения и пр.

Из всего изложенного можно сделать следующие *выводы*.

Поскольку уменьшение числа ребер, вершин, циклов и значения ω в структурной сетке какой-либо системы упрощает эту систему и делает управление ее функционированием более оперативным, при соответственно равных значениях Z и P_i предпочтительнее вариант структурной сетки: с меньшим числом ребер и вершин ($v_e \rightarrow \min$, $v_v \rightarrow \min$); с меньшим числом циклов ($v(G) \rightarrow \min$); с меньшим значением ω ($\omega \rightarrow \min$).

При одинаковых значениях Z и ω лучшей по выбранным критериям будет сетка, имеющая меньшее значение суммы:

$$\min \sum_{i=1}^{\omega} = P_1 + P_1 \cdot P_2 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 + \dots + (P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \dots P_{\omega}).$$

Первым и очень важным при эскизном проектировании приводов станков является разработка их структуры. Практическое использование предложенных критериев оптимальности структурных сеток позволяет сократить число итераций для получения оптимальной кинематической схемы привода главного движения станка.