

А.В. Романов, М.А. Крючков

ФОРМАЛИЗАЦИЯ РАССЧЕТА МНОГОМАССОВОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ПОСТРОЕНИЯ РАССЧЕТНЫХ СХЕМ

В статье приведены алгоритмы расчета многомассовой механической части электропривода и графического построения расчетных схем.

Автоматизации процессов технического проектирования в настоящее время уделяется много внимания и в этой области достигнуты значительные успехи. В качестве примеров можно привести автоматизацию чертежных работ, проектирование программных средств, радиотехнических изделий и др. Для автоматизации работ в этих областях существуют многочисленные мощные САПР. Однако, если говорить об автоматизации проектирования сложных технических систем, к которым относится и электропривод (ЭП), то очень малая степень автоматизации труда проектировщика относится к начальному – расчетному – этапу проектирования. Практически единственным средством автоматизации здесь являются математические САПР [1].

На начальном этапе проектирования ЭП электродвигательную установку следует рассматривать как многомассовую (в общем случае) механическую систему, предназначенную для осуществления заданного требованиями технологии движения объекта. Соответственно, на данном этапе наиболее важна процедура выбора электродвигателя, которая осуществляется по требуемой мощности на основе анализа кинематики ЭП, требуемой нагрузочной диаграмме и тахограмме, а также других дополнительных требований, содержащихся в техническом задании. Важность расчета механической части (МЧ) электропривода подтверждается и зарубежным опытом проектирования [2, 3].

Рассмотрим в общем виде алгоритм расчета механической части электропривода, реализованный в программе «Механика» [4] и представленный на рис. 1. Отметим, что расчет механической части электропривода возможен только после параметрирования элементов функциональной схемы (объектов типа «Электродвига-



Рис. 1. Алгоритм расчета механической части электропривода

тель», «Исполнительный механизм», «Редуктор», «Механическая связь»), которое было рассмотрено в [4]. Выделение памяти под расчетные данные осуществляется с помощью динамического массива N_{mass} . Это формируемая во время работы ПО двумерная матрица, имеющая для N-массовой МЧ ЭП вид, показанный на рис. 2.

Поясним работу алгоритма, показанного на рис. 1.

Шаг 1. Ищем в массиве объектов МЧ ЭП объект типа «Электродвигатель».

строка 0 (исходная N-массовая система)	J_1	C_{12}	J_2	C_{23}	J_3	...	J_{N-1}	$C_{N-1, N}$	J_N
строка 1 (эквивалент- ная 1-массо- вая МЧ ЭП)	$J_{1\Sigma}$								
строка 2 (эквивалент- ная 2-массо- вая МЧ ЭП)	$J_{1\Sigma}^{(2)}$	$C_{12\Sigma}^{(2)}$	$J_{2\Sigma}^{(2)}$						
строка 3 (эквивалент- ная 3-массо- вая МЧ ЭП)	$J_{1\Sigma}^{(3)}$	$C_{12\Sigma}^{(3)}$	$J_{2\Sigma}^{(3)}$	$C_{23\Sigma}^{(3)}$	$J_{3\Sigma}^{(3)}$				
...	...	...	...	...	...	...	...		
строка N (исходная N-массовая система)	J_1	C_{12}	J_2	C_{23}	J_3	...	J_{N-1}	$C_{N-1, N}$	J_N

Рис. 2. Матрица для расчета N-массовой МЧ ЭП

Шаг 2. Проводим проверку линейности схемы, т.е. ищем объект, связанный с объектом «Электродвигатель», далее ищем следующий связанный объект и так до тех пор, пока тип найденного объекта не будет определен как завершающее звено линейной схемы, т.е. «Исполнительный механизм». Отметим, что программа позволяет создавать и нелинейную функциональную схему механической части электропривода, но для ее расчета и анализа алгоритм должен быть модифицирован с учетом блока, «умеющего» складывать нагрузки. Эта задача намечена для будущей модернизации программы.

Шаг 3. По исходным данным рассчитываем исходную N-массовую систему, приведенную к валу двигателя (нулевая строка N_{mass}). Отметим, что фактически это происходит в том же цикле проверки линейности схемы.

Шаг 4. Формируем полную матрицу N_{mass} , т.е. рассчитываем эквивалентные схемы от (N-1)-массовой до одномассовой системы МЧ ЭП по методике, изложенной, например, в [5].

Шаг 5. Последним пунктом расчета механической части ЭП идет формирование отчета, в частности, формирование графического отображения любой из расчетных схем.

Задача формализации процесса построения расчетной схемы МЧ ЭП решается с учетом определенных правил начертания расчетных схем [5]. Для наглядности моменты инерции выполняются в виде прямоугольников, площадь которых пропорциональна величине приведенного момента инерции. Расстояние между ними принимают обратно пропорциональным жесткости упругой связи между моментами инерции. Для примера на рис. 3 показана расчетная схема 4-массовой механической части электропривода со следующими параметрами: $J_1 = 1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, $C_{12} = 400 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $J_2 = 0,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, $C_{23} = 1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $J_3 = 10 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, $C_{34} = 2 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $J_4 = 0,02 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

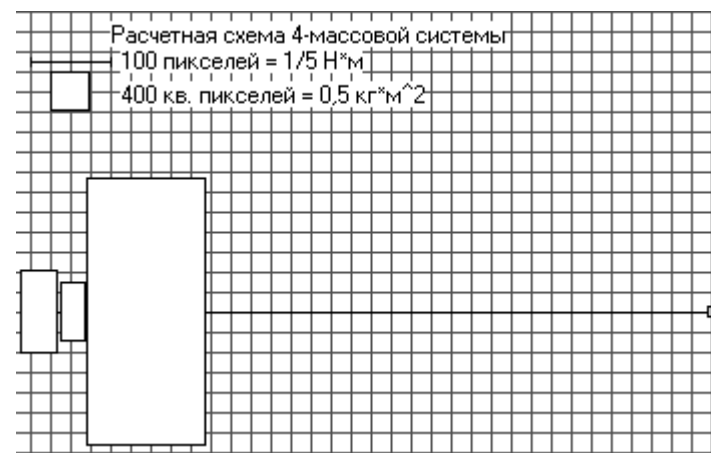


Рис. 3. Расчетная схема 4-массовой механической части ЭП

Для определения длины линии x_{12} , пиксели, соответствующей жесткости механической связи C_{12} , $\text{Н}\cdot\text{м}$, между массами следует задаться масштабом. Пусть C_N пикселей соответствует $\frac{1}{\text{zoomC} (\text{Н}\cdot\text{м})}$. Тогда длина линии x_{12} определяется по формуле:

$$x_{12} = C_N * \text{zoomC} / C_{12}.$$

Для определения площади прямоугольника, соответствующего моменту инерции любой массы, также следует задаться масштабом. Пусть $\text{zoomJ} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ соответствует J_N квадратных пикселей. То-

гда площадь прямоугольника x_i , квадратных пикселей, соответствующего i -ой массе J_i , определится по формуле:

$$x_i = J_i * J_N / \text{zoom} J.$$

Для определения длины (большей стороны) и ширины (меньшей стороны) прямоугольника следует задаться константой, показывающей во сколько раз ширина прямоугольника меньше стороны квадрата с той же площадью. Рекомендуется определить эту константу как $2/3$. Тогда ширина прямоугольника b_i , пиксели, определяется по формуле:

$$b_i = \frac{2}{3} \sqrt{x_i},$$

а длина a_i , пиксели – $a_i = x_i / b_i$.

Таким образом решаются задачи формализации расчета линейной механической части электропривода, получения всех эквивалентных схем и графического построения требуемой расчетной схемы. Все приведенные алгоритмы реализованы в программном обеспечении «Механика» [4].

Литература

1. Романов А.В. Проблематика автоматизированного проектирования электроприводов. / А.В. Романов, В.Л. Бурковский, Ю.М. Фролов. Вестник ВГТУ. Серия "Вычислительные и информационно-телекоммуникационные системы". Том 2. № 5. Воронеж: ВГТУ, 2006. 148 с. С. 119 – 123.
2. Проектирование приводов. Практика приводной техники. Издание 11/2001 №10523057. – 160 с. http://www.sew-eurodrive.ru/dokumentacija/motor_reduktoryd.html.
3. Сервоприводы. Практика приводной техники. Издание 09/2006 №11322853. – 185 с. http://www.sew-eurodrive.ru/dokumentacija/motor_reduktoryd.html.
4. Романов А.В. Общий подход к автоматизации расчета механической части электропривода / А.В. Романов, Ю.М. Фролов. Электротехнические комплексы и системы управления. Научно-технический журнал. № 1 (13). Воронеж: Изд. "Кварта". 2009. 64 с. С. 51 – 56.
5. Ключев В.И. Теория электропривода.: Учеб. для вузов. -2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.