Формирование уравнений состояния электромагнитного мехатронного модуля

Таш ГТУ доц Назаров Х.Н.,

магистрант Салайдинов А.Н.

студент Пулатов Р.А.

Для расчета характеристик электромагнитного мехатронного модуля (ЭММ) предлагается воспользоваться методом диаматрицы состояний который предполагает предоставление первоначальной модели ММ в виде структурно-режимных графов (СРГ) и формирует уравнения в канонической системы координат.

При разбиении исходной схемы на K- и S-части магнитопровода ,электромагнитно несвязанные с ветвями электрической и механической частей и резистивные ветви могут быть представлены в виде K- или S- ветвей. Емкости (электрические, механические, магнитные), независимые источнике тока, потока и усилия, управляемые параллельными переменными ветвей K- части, а также зависимые источники тока потока и усилия, управляемые последовательными переменными ветвей S-части, следует отнести к K-части; ветви магнитной схемы, связанные электромагнитно с ветвями механической схемы, индуктивности (электрические, магнитные, механические), независимые источники напряжения, м.д.с. и скорости перемещения, зависимые источники напряжения, м.д.с. и скорости, управляемые последовательными переменными ветвей S-части и параллельными переменными ветвей K- части, необходимо отнести к S –части.

Методика расчета характеристик ЭММ основана на составлении и решении системы алгебро-дифференциальных уравнений (в канонической системе координат) вида

$$A\vec{X} + B\dot{\vec{X}} = \vec{Q}. \qquad (1)$$

Здесь вектор $\vec{X}$, представляется через субвекторы $\overrightarrow{K_y} = (K_1, K_2, \dots, K_y)^t$

и $\vec{S}_e = (S_1, S_2, \dots, S_l)^t$

$$\vec{X} = \boxed{\vec{K}_y}\boxed{\vec{S}_l} \quad ,$$

$\dot{\vec{X}} = \frac{d}{dt}\vec{X}$ - вектор производной $\vec{X}$ по времени ;

$$\vec{\dot{X}} = \frac{d}{dt}\ \boxed{\vec{K}_y}\boxed{\vec{S}_l}\ ,$$

$\vec{Q} = \left(S_{u1}, \dots, S_{uy};\ K_{u1}, \dots, K_{ul}\right) - (y + l)$ - мерный вектор задающих величин, компоненты которого суть суммы задающих источников э.д.с. (м.д.с., скорости) по контурам S – части и источников тока (по тока, усилия) в узлах K –части; вектор $\vec{Q}$ представляется через субвекторы $\vec{S}_{uy} = (S_{u1}, S_{u2}, \dots, S_{uy})^t$ и $\vec{K}_{ul} = (K_{u1,} K_{u2}, \dots, K_{ul})^t$;

$$\vec{Q} = \boxed{\vec{S}_{uy}}\boxed{\vec{K}_{ul}}\ ;$$

y – число независимых узлов, l – число независимых контуров, А и В квадратные матрицы порядка (y+l), несущие информацию о параметрах линейных ветвей. Матрица А характеризует безреактивную часть схемы, матрица В – реактивную часть. Матрица А (матрица В)содержит подматрицу $А_к(В)_к$ узловых проводимостей и вещественных (дифференциальных) коэффициентов взаимной связи между ветвями (емкотей) K –части и подматрицы $A_s\,(B)_s$ контурных сопротивлений (индуктивностей) и вещественных (дифференциальных) коэффициентов связи между ветвями S –части, а также подматрицы A_{ks} , A_{sk} $(B_{ks}\,, B_{sk})$, отображающие вещественные (дифференциальные) взаимные передачи между ветвями K- и S- части:

$$A = \begin{array}{|c|c|}\hline A_k & A_{ks} \\ \hline A_{sk} & A_s \\ \hline\end{array} \qquad\qquad B = \begin{array}{|c|c|}\hline B_k & B_{ks} \\ \hline B_{sk} & B_s \\ \hline\end{array}$$

,

Тогда уравнение (1) перепишется в виде

$$\begin{array}{|c|c|}\hline A_k & A_{ks} \\ \hline A_{sk} & A_s \\ \hline\end{array} \times \begin{array}{|c|}\hline \overrightarrow{K_y} \\ \hline \vec{S_l} \\ \hline\end{array} + \begin{array}{|c|c|}\hline B_k & B_{ks} \\ \hline B_{sk} & B_s \\ \hline\end{array} \times \frac{d}{dt} \begin{array}{|c|}\hline \vec{K}_y \\ \hline \vec{S}_l \\ \hline\end{array} = \begin{array}{|c|}\hline \vec{S}_{uy} \\ \hline \vec{K}_{ul} \\ \hline\end{array} \qquad (2)$$

При расчетах переходных процессов каждое режимное состояние схемы в любой момент времени $t=t_{(0)}$ определяется по величинам токов на индуктивностях (электрических, магнитных, механических) и на магнитных ветвях электромагнитной и магнитомеханической связи и напряжений на емкостных элементах за предыдущий момент времени, наряду с интересующими исследователя другими параметрами (переменным).

Затем, что канонические структурно-режимные графы находятся неканоническим путем эквивалентных преобразований разбиения СРГ на топологически несвязанный *K*-и *S*-части.

Алгоритм формирования уравнений конкретных режимных состояний базируется на использовании уравнения (1) для m-го состояния в виде

$$A^{(m)} \cdot \vec{X}^{(m)} + B^{(m)} \cdot \dot{\vec{X}}^{(m)} = \vec{Q}^{(m)}.$$

Данному уравнению соответствуют уравнения m-го режимного состояния:

$$A_k^{(m)} \vec{K}_y^{(m)} + B_k^{(m)} \dot{\vec{K}}_y^{(m)} = \vec{S}_{uy}^{(m)} \qquad (3)$$

для *K*-СРГ,

$$A_s^{(m)} \vec{S}_l^{(m)} + B_s^{(m)} \dot{\vec{S}}_l^{(m)} = \vec{K}_{ul}^{(m)} \qquad (4)$$

для планарного *S*-СГР.

Здесь символы " S " и " *K* " используются в качестве параллельных и последовательных переменных соответственно.

Составление уравнения (3) и (4) по существу сводится к составлению матриц параметров $A_k^{(m)}, A_s^{(m)}, B_k^{(m)}, B_s^{(m)}$ и векторов $\vec{K}_y^{(m)}, \dot{\vec{K}}_y^{(m)}, \vec{S}_l^{(m)}, \dot{\vec{S}}_l^{(m)}, \vec{K}_{ul}^{(m)}, \vec{S}_{uy}^{(m)}$.

Основные уравнения СРГ электромагнитных устройств со схемами, рассмотренные выше, могут быть решены точным и приближенными методами. Точные методы при порядке уравнения (1) более трех получаются громоздкими в связи с трудоемкостью вычисления корней характеристического уравнения. При решении этих систем уравнений основная задача заключается в нахождении узловых переменных (скорости) механической части и контурных переменных электрической части для конкретного m-го режимного состояния СРГ, после чего вычисление остальных интересующих величин и построение характеристик не представляет трудностей.

В общем случае численное решения основных уравнений СРГ ЭММ целесообразно выполнить приближенными методами с применением ЭВМ.