ЛИНЕЙНЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И МОЩНОСТИ МНОГОФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СИСТЕМ

Казаков О.А.

Московский Государственный Технологический Университет «СТАНКИН», Россия,
127055, Москва, Новосущевская ул., д.15, к.2, кв.59, тел. 9726074, E-mail: lsoef@mail.ru

Электромагнитные системы переменного тока рассматриваются как системы типа “источник – нагрузка”, замкнутые по внутреннему входу **u** (напряжению) и выходу **y** (электрическому току). Принимается, что нормальный режим работы систем характеризуется 2π -периодическими или почти-периодическими функциями входа и выхода ($x = \omega_0 t,\ \omega_0 = 2\pi/T_0,\ T_0$ — период ЭДС источника); компоненты вектор-функций **u** и **y** — скалярные функции $u_m(x)$ 0 E, $y_m(x)$ 0 E, $m = \overline{1, M}$ (фазные напряжения и токи) являются конечными аппроксимациями измеренных сигналов. Конечномерное евклидово функциональное пространство E, натянутое на действительные или комплексные базисные аппроксимирующие функции, инвариантно относительно линейного оператора D (например, оператора дифференцирования $D = d/dx$), $\mathbf{u}$ 0 $\boldsymbol{E}^M$, $\mathbf{y}$ 0 $\boldsymbol{E}^M$, $\boldsymbol{E}^M =$ Ў^M ґ E (или $\boldsymbol{E}^M =$ J^M ґ E) — векторное евклидово функциональное пространство.

С помощью системы линейных операторов $S_m : \boldsymbol{E}^M \to \boldsymbol{E}^M$, $m = \overline{0, M-1}$ и оператора дифференцирования D можно построить подпространства $\boldsymbol{U}$ Н $\boldsymbol{E}^M$, $\boldsymbol{Y}$ Н $\boldsymbol{E}^M$, натянутые на системы линейно независимых вектор-функций $\{D^k S_m \mathbf{u}\}$, $\{D^k S_m \mathbf{y}\}$, порожденные вектор-функциями входа **u** и выхода **y** — базисы Крылова

$$\mathbf{u}_D = \left(S_0\mathbf{u},...S_{M-1}\mathbf{u},...D^{N_{M-1}}S_0\mathbf{u},...D^{N_{M-1}}S_{M-1}\mathbf{u}\right),\ \mathbf{y}_D = \left(S_0\mathbf{y},...S_{M-1}\mathbf{y},...D^{K_{M-1}}S_0\mathbf{y},...D^{K_{M-1}}S_{M-1}\mathbf{y}\right).$$

Если $\boldsymbol{U}$ З $\boldsymbol{Y}$ №Ж, то существуют линейные преобразования этих базисов $\mathbf{u}_D \to \mathbf{y}_D$, $\mathbf{y}_D \to \mathbf{u}_D$

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_D &= \mathbf{A}^T\mathbf{u}_D + \mathbf{y}_{D\perp}, \\ \mathbf{u}_D &= \mathbf{B}^T\mathbf{y}_D + \mathbf{u}_{D\perp}. \end{aligned} \tag{1}$$

где $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$ — $\dim\boldsymbol{U}$ ґ $\dim\boldsymbol{Y}$, $\dim\boldsymbol{Y}$ ґ $\dim\boldsymbol{U}$ матрицы, $\mathbf{y}_{D\perp}$, $\mathbf{u}_{D\perp}$ — системы вектор-функций, принадлежащие дополнениям $\boldsymbol{U}$ И $\boldsymbol{Y}\setminus\boldsymbol{U}$ и, соответственно, $\boldsymbol{U}$ И $\boldsymbol{Y}\setminus\boldsymbol{Y}$.

Выражения (1) можно рассматривать как системы линейных дифференциальных моделей, каждая из которых является системой линейных дифференциальных уравнений постоянными коэффициентами, неоднородных, если $\mathbf{y}_{D\perp}$ №0 $\mathbf{u}_{D\perp}$ №0. Все нетривиальные линейные комбинации этих моделей образуют линейное пространство, которое содержит подпространство линейных однородных дифференциальных моделей.

Если $\boldsymbol{Y}$ Н $\boldsymbol{U}$ или $\boldsymbol{U}$ Н $\boldsymbol{Y}$, то справедливы матричные уравнения

$$\mathbf{P}^T\mathbf{G}_{\boldsymbol{U}}^{-1}\mathbf{P} = \mathbf{G}_{\boldsymbol{Y}} \text{ или } \mathbf{P}\mathbf{G}_{\boldsymbol{Y}}^{-1}\mathbf{P}^T = \mathbf{G}_{\boldsymbol{U}},$$

где $\mathbf{G}_{\boldsymbol{U}}$, $\mathbf{G}_{\boldsymbol{Y}}$ — матрицы Грама базисов Крылова $\mathbf{u}_D$ и $\mathbf{y}_D$; **P** — матрица мощностей с элементами $p_{ij} = \left(D^k S_m\mathbf{u}, D^l S_n\mathbf{y}\right)$, $i = kM + m,\ j = lM + n$. Элементы матрицы мощностей можно использовать как контролируемые в системах управления.

Исследованы случаи применения в качестве операторов S_m ортогональных арифметических и операторных проекторов, а также степенных последовательностей оператора циклических перестановок компонент вектор-функций.