

Метод переменных состояния в электрических цепях с дуальными вырождениями

Горошко В.И.

Белорусский национальный технический университет

В теории электрических цепей установлено, что наличие каждого независимого индуктивного сечения или емкостного контура приводит к понижению на единицу порядка дифференциального уравнения.

Менее изучены электрические цепи, содержащие такие особенности, как индуктивные контуры и емкостные сечения (дуальные структуры). В этих цепях можно непротиворечиво задавать произвольные начальные условия для каждого реактивного элемента и по формальным признакам не происходит понижение порядка дифференциального уравнения цепи.

Установим, какие особенности вносят дуальные структуры в описание электрической цепи, если для анализа используется метод переменных состояния. Электрическая цепь на рис. 1 содержит индуктивный контур $L_1-L_2-L_3$. Составим систему уравнений состояния, приняв в качестве переменных состояния индуктивные токи i_1, i_2, i_3 :

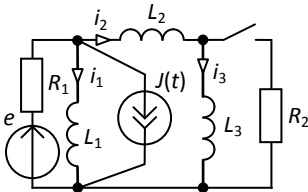


Рис. 1

$$\begin{bmatrix} i_1' \\ i_2' \\ i_3' \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} + \mathbf{B} \begin{bmatrix} e \\ J(t) \end{bmatrix},$$

$$\text{где } \mathbf{A} = \begin{bmatrix} -R_1/L_1 & -R_1/L_1 & 0 \\ -R_1/L_2 & -(R_1+R_2)/L_1 & R_2/L_2 \\ 0 & R_2/L_3 & -R_2/L_3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 & -R_1 \\ 1 & -R_1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Визуальный анализ строк матрицы \mathbf{A} выявляет их линейную зависимость, что указывает на вырожденность матрицы. Плохая обусловленность матрицы \mathbf{A} ограничивает применимость некоторых численных методов решения уравнений состояния.

Приведем к явной форме характеристическое уравнение $\det(p\mathbf{I} - \mathbf{A}) = 0$.

В результате получим

$$p^3 L_1 L_2 L_3 + p^2 [L_1 L_2 R_2 + L_2 L_3 R_1 + L_3 L_1 (R_1 + R_2)] + p R_1 R_2 (L_1 + L_2 + L_3) = 0.$$

Это уравнение имеет нулевой корень, обуславливающий наличие константы у свободных составляющих индуктивных токов. Выявленные особенности характерны для всех цепей, содержащих рассмотренные

дуальные структуры.

УДК 681.518.5

Учебно-исследовательская лаборатория управления промышленными объектами

Ежов В.Д., Дубоделов В.Е., Крышнев Ю.В.
Белорусский национальный технический университет,
ЗАО «НПП БелСофт»,
Гомельский государственный технический университет

При модернизации учебной лаборатории Гомельского государственного технического университета потребовалось выбрать одно из двух направлений в управляющих системах:

– встраиваемые микроконтроллеры (Atmel, Fujitsu, Microchip, TI), поставляемые с интегрированной средой разработки и отладки программ, включая библиотеки исходных текстов программ, текстовые редакторы, симуляторы. Основная задача программирования таких микроконтроллеров – это, оптимально используя его внутренние ресурсы (память, регистры, порты, прерывания), организовать обмен с внешними устройствами для решения задачи управления;

– промышленные контроллеры для распределенных систем управления, имеющие встроенные операционные системы реального времени (MiniOS7, Windows CE.Net, QNX). Такие контроллеры программируют на уровне операционной системы, абстрагируясь от низкоуровневых подробностей разработки программы и концентрируясь исключительно на логике процесса управления.

Технология программирования «открытого» стандарта разделена на две основные составляющие: среду разработки и среду выполнения. Среда разработки – это средства визуального программирования в стандарте МЭК 61131-3, работает на PC под Windows 98/NT/XP/2000. Код созданной в ней выполняемой программы может работать на разных аппаратных платформах. Наибольшей известностью пользуются комплексы программирования: CoDeSys, ISaGRAF и др. Специалист, изучивший стандартные компоненты МЭК, сможет работать с контроллерами многих фирм, поддерживающих стандарт МЭК61131-3: ABB, ICP-DAS, Mitsubishi Electric, Owen Co, Schneider Electric, Moeller, Fastwel Inc., Prolog Co и др. Таким образом, изучение систем автоматизации, поддерживающих стандарт МЭК, обеспечит наиболее широкую область применения полученных знаний. С учетом сказанного за основу комплектации лаборатории «Управление промышленными объектами» принято оборудование фирмы ICP-DAS, имеющее модульное исполнение,