XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.V: С.70-71, 2005.

УДК 681.513.2

Д.С.Хицко (6 курс, каф. САУ), В.К.Титков, к.т.н., доц.

РАСЧЕТ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ПЕРЕМЕННЫМ ШАГОМ КВАНТОВАНИЯ

В настоящее время для расчета переходных процессов в сложных системах все большее применение находит метод переменных состояния (МПС). Это связано с тем, что классические методы z- и w-преобразования не всегда позволяют простым и наглядным образом учесть ограничения, накладываемые на регулируемые координаты. МПС более универсален по сравнению с классическими методами и позволяет решать задачи анализа и синтеза различных классов нелинейных систем, в том числе, дискретных с переменным периодом квантования. Использование векторно-матричных обозначений не только упрощает математические выражения, описывающие движение системы, но и позволяет широко применять ЭВМ для расчета динамики цифровых электроприводов.

При анализе и синтезе систем пользуются обобщенным вектором состояния системы **V**(t):

$$\mathbf{V}(t)=\begin{pmatrix}\mathbf{R}(t)\\ \mathbf{X}(t)\end{pmatrix}=col\left\{r_1(t),r_2(t),\ldots,r_s(t),x_1(t),x_2(t),\ldots x_q(t)\right\}. \qquad (1)$$

В случае линейной непрерывной системы уравнение состояния можно записать в виде:

$$\frac{d\mathbf{V}(t)}{dt}=\mathbf{A}\cdot\mathbf{V}(t), \qquad (2)$$

где **A** – коэффициентная квадратная матрица.

Если обозначить $\mathbf{\Phi}(t)=\mathbf{L}^{-1}\left\{(s\mathbf{E}-\mathbf{A})^{-1}\right\}$, то после преобразований уравнение (2) можно записать в виде:

$$\mathbf{V}(t)=\mathbf{\Phi}(t)\cdot\mathbf{V}(0), \qquad (3)$$

где $\mathbf{V}(0)$ – вектор начального состояния системы, $\mathbf{\Phi}(t)$ – расширенная переходная матрица системы. $\mathbf{\Phi}(t)$ может быть найдено, исходя из аналогии решения матричного уравнения с решением скалярного уравнения $\frac{dy}{dt}=\mathbf{A}x$:

$$\mathbf{V}(t)=\exp(\mathbf{A}t)\cdot\mathbf{V}(0). \qquad (4)$$

Сравнивая (3) и (4), получаем:

$$\mathbf{\Phi}(t)=\exp(\mathbf{A}t).$$

Разложив матричную экспоненту в ряд Тейлора, получим:

$$\mathbf{\Phi}(t)=\mathbf{E}+\mathbf{A}t+\frac{\mathbf{A}^2t^2}{2!}+\frac{\mathbf{A}^3t^3}{3!}+\ldots \qquad (5)$$

Существует много методов нахождения $\mathbf{\Phi}(t)$, но, так как вычисление выражения (5) для ЭВМ не составляет никакой сложности, то обычно применяется этот метод.

При расчете систем с переменным шагом квантования существуют некоторые особенности. Матрицы **A** и **B** (матрица замыкания импульсного элемента (ИЭ)) зависят от T_0 (период замыкания ИЭ), поэтому после каждого периода квантования T_0 их надо пересчитывать. Алгоритм расчета при переменном периоде T_0 показан на рис.1, где использованы следующие обозначения: k_0 – общее число отрезков $l_д$ от начала пути ($l_д$ – расстояние между метками); k_1 – счетчик временных интервалов T_1 внутри отрезка $l_д$; **V** – вектор состояния; *V* – скорость.

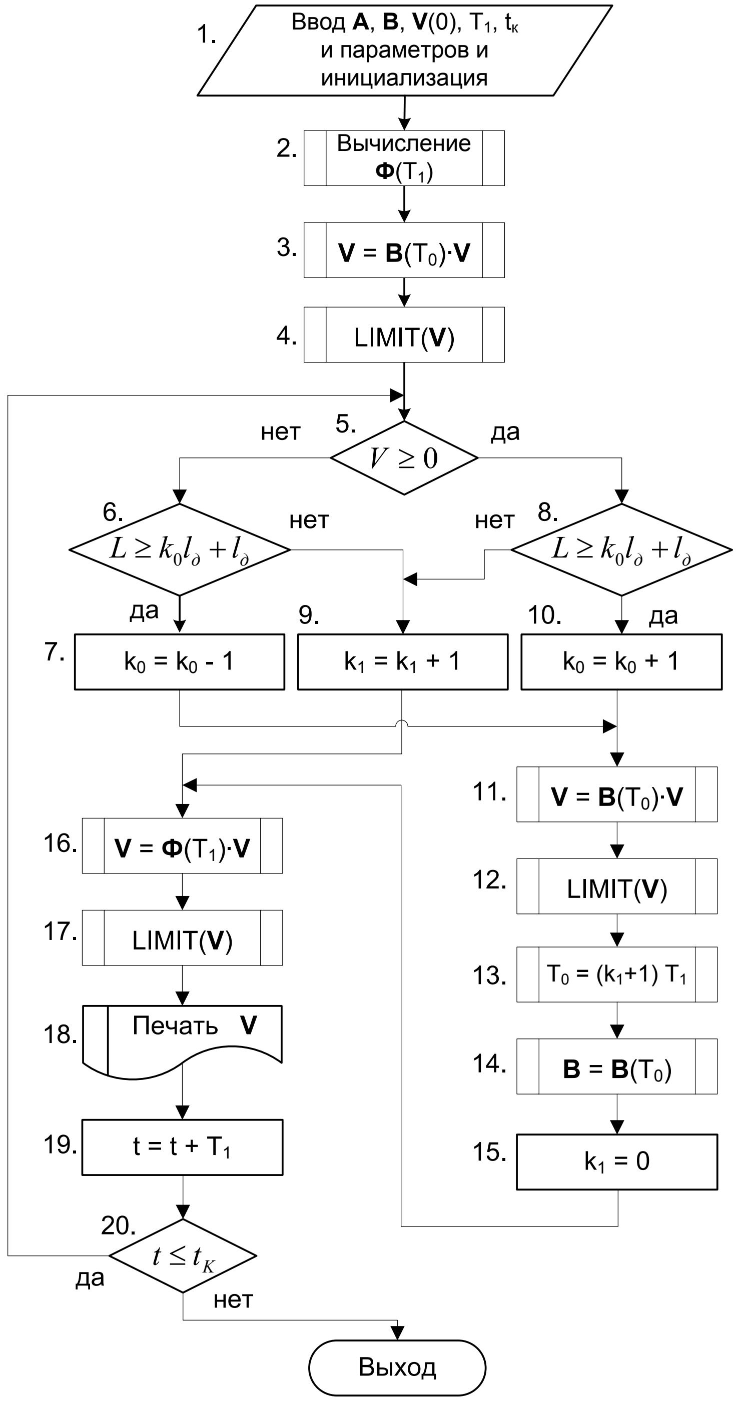

Рис. 1. Алгоритм расчета переходного процесса при переменном периоде квантования.

Оператор 2 вычисляет переходную матрицу для постоянного интервала T_1 (малый шаг вычислений). В 3 рассчитывается вектор состояния при первом замыкании ИЭ. При положительной скорости (условие 5) текущее положение якоря (ротора) сравнивается (8) с расстоянием от начала отсчета до очередной метки импульсного датчика (ИД). Если якорь (ротор) уже дошел до очередной метки (а значит, должен замкнуться ИЭ), то выполняется серия вычислений 10 – 15: число отрезков (углов) l_∂ увеличивается на 1; рассчитывается **V** после замыкания ИЭ; происходит ограничение выходных величин регуляторов; вычисляется период квантования ИД T_0; вычисляется новое значение матрицы **B**; обнуляется счетчик k_1. Если якорь (ротор) еще не дошел до метки, то просто увеличивается число интервалов T_1 (9). При отрицательной скорости последовательность расчета аналогичная (6, 7, 11 – 15 или 6, 9), но при достижении очередной метки число отрезков l_∂ уменьшается на 1 (7). Рассчитывается (16) вектор состояния в конце периода T_1. После вывода результатов (18) время увеличивается на T_1 (19).

Таким образом, в работе разработан алгоритм расчета на ЭВМ динамических показателей систем электропривода, как аналоговых, так и дискретных.