А.А. Цульников,
В.Г. Тейхриб

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА MATLAB ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ

При моделировании системы «частотный преобразователь — асинхронный двигатель» возникает проблема выбора численного метода решения системы дифференциальных уравнений, описывающих асинхронный двигатель, в связи с необходимостью обеспечить устойчивость и в то же время сэкономить машинное время. Эта проблема особо значима для данной ситуации, поскольку вследствие малых периодов коммутации при моделировании частотного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) шаг по времени должен быть тем более мал. В настоящем исследовании проводилось решение системы дифференциальных уравнений в системе MATLAB 5.2 следующими методами:

1) Рунге—Кутта;
2) Явный Адамса;
3) Неявный Адамса и Ньютона—Рафсона;
4) ФДН.

1. Исследовался явный метод Рунге—Кутта четвертого порядка. Применение этого метода связано с большими затратами машинных ресурсов, так как при вычислении приращения функции Δy требуется многократный (в данном случае четыре раза) просчет одних и тех же формул.

2.Метод Адамса в общем виде представлен формулой

$$\frac{y_n - y_{n-1}}{h} = b_0 f_n + \sum_{k-1}^{m} b_k f_{n-k}.$$

Явный двухшаговый метод Адамса, в отличие от метода Рунге—Кутта четвертого порядка, требует применения одного из одношаговых методов для «разгонки», но в то же время является самым быстрым из исследованных методов, поскольку ресурсы машины, потребляемые при использовании формулы $\frac{y_n - y_{n-1}}{h} = \frac{3}{2} f_{n-1} - \frac{1}{2} f_{n-2}$, незначительны.

3. Для того чтобы некоторый классический линейный многошаговый или одношаговый метод обладал свойствами А-устойчивости или жесткой устойчивости, этот метод должен быть неявным, т.е. содержать как значение функ-

ции в искомой точке, так и значение ее производной. Применение произвольного неявного линейного многошагового метода к нелинейной системе дифференциальных уравнений приводит к системе s нелинейных уравнений вида

$$y_{n+k} - h\beta_k f(x_{n+k}, y_{n+k}) - g = 0,$$

для решения которой очень эффективным является метод Ньютона – Рафсона:

$$\left\langle I - h\beta_k J^{(m)} \right\rangle \left\langle y_{n+k}^{(m+1)} - y_{n+k}^{(m)} \right\rangle = -y_{n+k}^{(m)} + h\beta_k f\left(x_{n+k}, y_{n+k}^{(m)}\right) + g,$$

где J – матрица Якоби;

m = 0,…,1…

Расчет динамики системы «асинхронный двигатель — преобразователь с ШИМ» занял значительное время.

4. Метод формул дифференцирования назад (ФДН) в общем виде имеет выражение

$$\sum_{j=0}^{r} \delta_j y_{k+1-j} - h * f_{k+1} = 0,$$

где r – порядок многочлена,

δ_j – действительные числа.

Как видно из приведенной выше формулы, метод ФДН является неявным, поскольку в нем присутствует производная искомой точки f_{k+1}. Как и все неявные методы, ФДН в общем случае для нахождения решения требует применения итерационных процедур с присущими им свойствами.

В настоящем исследовании применялся метод ФДН второго порядка:

$$\frac{3}{2} y_k - 2 y_{k-1} + \frac{1}{2} y_{k-2} - h f_k = 0.$$

Метод ФДН и неявный метод Адамса и Ньютона—Рафсона потребляют значительное машинное время, но поскольку шаг по времени при решении дифференциальных уравнений, описывающих асинхронный двигатель при питании от инвертора с ШИМ, следует выбирать достаточно малым (т.е. методы Рунге—Кутта четвертого порядка и явный Адамса устойчивы), они (метод Адамса и Ньютона—Рафсона и метод ФДН) не дают значительных преимуществ перед более простыми методами.