УДК 621.432-384

М.П. Бренч, канд.техн.наук (Белорусский политехнический институт)

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ДВИГАТЕЛЯ

Из работ [1,2] известно, что для одномассовой приведенной схемы газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания уравнение движения клапана можно представить в виде

$$M\ddot{y} + (C_{пр} + c)y = C_{пр}x - F_o, \tag{1}$$

где M — приведенная к оси клапана эквивалентная масса деталей привода; c — жесткость клапанных пружин; $c_{пр}$ — приведенная к оси клапана суммарная жесткость деталей механизма газораспределения; x — приведенное к клапану рабочее перемещение толкателя, y — перемещение приведенной массы M, т.е. действительный путь клапана; F_o — сила преднатяга клапанной пружины.

Для практических расчетов целесообразно использовать уравнение относительного движения клапана. В этом случае в уравнение движения вводят величину $z = x - y$. При динамическом исследовании механизма различие в движении клапана и толкателя (величина z) представляет наибольший интерес. Уравнение относительного движения массы M представляется в виде

$$M\ddot{z} + (C_{пр}+c)\,z = M\ddot{x} + cx + F_o. \tag{2}$$

Решение этого уравнения дает величину z непосредственно. В то же время при решении уравнения абсолютного движения массы M величина z может быть получена только как малая разность больших величин x и y. В последнем случае возрастают требования к точности решения и увеличиваются ошибки при замерах.

Если решать уравнение (2), применяя общий метод программирования, то придется вводить в машину диаграмму ускорения толкателя $\ddot{x}(t)$. Получить эту диаграмму можно двойным дифференцированием заданного перемещения толкателя $x(t)$. Но использование дифференциаторов в аналоговых машинах обычно не рекомендуют, так как это снижает точность решения АВМ. Моделирование непосредственно кривой $\ddot{x}(t)$ на блоках БН-3А практически невозможно из-за сложной формы кривой (рис.1,а).

Следовательно, необходимо искать другие пути программирования задачи. Для этого можно воспользоваться методом канонической формы или методом вспомогательной переменной. В соответствии с рекомендациями [3] оба метода требуют выполнения неравенства $m \leq n$, где m -- высший показатель степени производной возмущающего воздействия $x(t)$, n -- то же для зависимой переменной z.

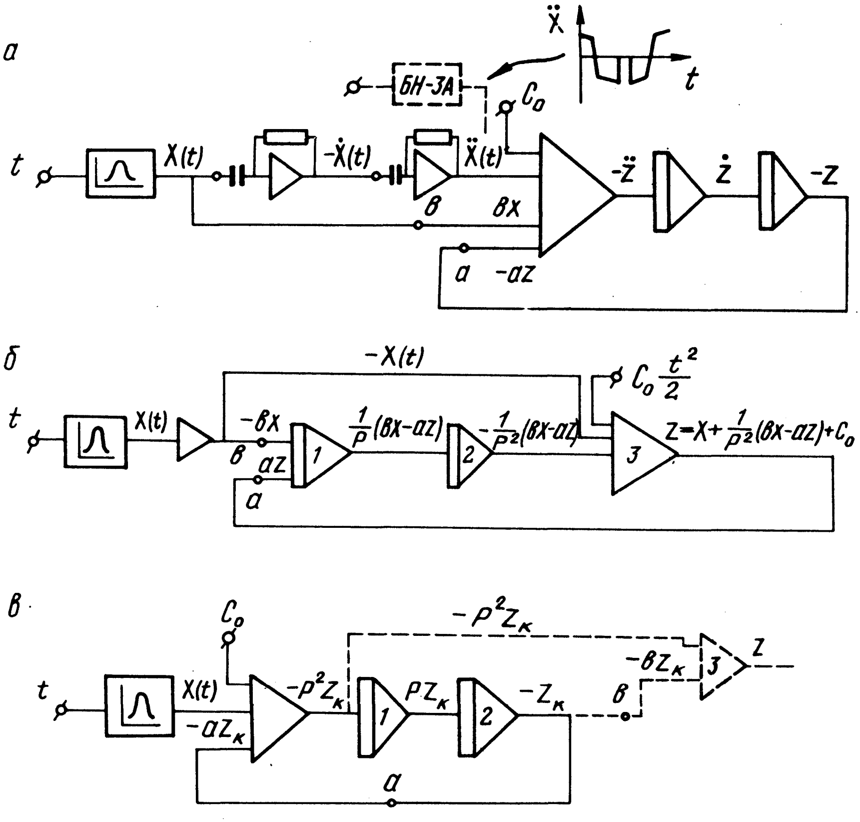

Рис. 1. Блок-схема решения уравнения (2), составленная: а — с помощью общего метода; б — по методу канонической формы; в — по методу вспомогательной переменной.

Используем метод канонической формы. Отметим, что уравнение (2) удовлетворяет условию $m \leq n$. По требованию метода запишем уравнение в операторной форме

$$Mp^2 z + (C_{пр} + c) z = Mp^2 x + cx + F_0 . \qquad (3)$$

Приравняем производную высшего порядка зависимой переменной остальной части уравнения

$$p^2 z = p^2 x + \frac{c}{M} x - \frac{(C_{пр}+c)}{M} z + \frac{F_o}{M} = p^2 x + bx - az + c_o, \quad (4)$$

затем дважды проинтегрируем обе части этого уравнения. В операторной форме это равноценно умножению обеих частей уравнения на оператор p^{-2}. Получим уравнение

$$z = x + p^{-2}(bx - az) + c_o \frac{t^2}{2}. \quad (5)$$

Используя полученное уравнение и следуя методу канонической формы, составим блок-схему решения уравнения (5). По методу допускается, что на выходе последнего интегратора имеется производная нулевого порядка зависимой переменной. Отметим, что в общем методе мы исходим из допущения о наличии на входе первого интегратора производной высшего порядка. Удовлетворяя допущению, что функция z существует, обеспечиваем появление на выходе интегратора 2 каждого члена, представляющего интеграл из правой части уравнения (5). Собственно функцию z получаем на выходе сумматора 3. Окончательная блок-схема показана на рис. 1,б.

Установление начальных условий по методу канонической формы также имеет особенности. В общем методе это обычно не вызывает никаких затруднений, так как выходными величинами интеграторов являются зависимая переменная и ее производные. В методе канонической формы дело обстоит иначе, если не считать интегратор с выходной величиной — нулевой производной зависимой переменной. Из схемы, представленной на рис. 1,б, видно, что выходы из интеграторов 1 и 2 представляют соответственно выражения $p^{-1}(bx - az)$ и $p^{-2}(bx - az)$; начальные значения которых необходимо вычислить. Мы достигаем этого путем интегрирования уравнения (4) и выделения искомых выражений

$$p^{-1}(bx - az) = pz - px - c_o t; \quad (6)$$

$$-p^{-2}(bx - az) = -z + x + c_o \frac{t^2}{2}. \quad (7)$$

Начальные условия определяются значениями правых частей уравнений (6) и (7) при $t = 0$. Для того чтобы воспользоваться методом вспомогательной переменной и выявить зависимость между переменной z и вспомогательной переменной $z_к$, допускаем, что преднатяг клапанной пружины отсутствует.

Вводим вспомогательную переменную, которая является решением следующего уравнения

$$p^2 z_к = az_к = x. \tag{8}$$

Умножим обе части уравнения на b, затем исходное уравнение дважды продифференцируем.

$$bp^2 z_к + baz_к = bx; \tag{9}$$

$$p^2(p^2 z_к) + p^2(az_к) = p^2 x. \tag{10}$$

Сложим оба уравнения и представим в виде

$$p^2 \left[(b+p^2)\, z_к\right] + a\left[(b+p^2)\, z_к\right] = p^2 x + bx. \tag{11}$$

Уравнение относительного движения массы M запишем с учетом вышепринятого допущения и, перегруппировав члены, представим в виде

$$p^2 z + az = p^2 x + bx. \tag{12}$$

Уравнения (11) и (12) равносильны при условии

$$z = (b+p^2)\, z_к. \tag{13}$$

Соотношение между любой производной функции z и производными переменной $z_к$ можно найти простым дифференцированием обеих частей уравнения (13).

Чтобы получить z, сначала по общему методу программируем уравнение (8). В правую часть при этом добавим величину преднатяга $c_о$. Эта структурная схема показана на рис. 1,в сплошными линиями. Согласно схеме, мы теперь располагаем значениями $z_к$ и $p^2 z_к$. Для получения z используем уравнение (13). Дополнение к полученной структурной схеме показано на рис. 1,в пунктирными линиями. Искомая величина z моделируется напряжением на выходе из сумматора 3.

Начальные условия на выходах интеграторов 1 и 2 определим, решая систему уравнений.

$$\left.\begin{aligned} &bz_к + p^2 z_к = z;\\ &p^2 z_к + az_к = x;\\ &pbz_к + p^3 z_к = pz;\\ &p^3 z_к + paz_к = px. \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

Начальные значения $z_к$ и $pz_к$ находим, подставляя в эту систему начальные значения функций z, x и pz при $t=0$.

Резюме. Описанные методы позволяют составить электронную модель газораспределительного механизма, избежав операции двойного дифференцирования функции $x(t)$, что упрощает задачу программирования на АВМ.

Литература

1. Корчемный Л.В. Некоторые вопросы аналитического исследования динамики газораспределительного механизма двигателя. — "Труды НАМИ", вып. 53, М., 1962. 2. Корчемный Л.В. Газораспределительный механизм двигателя. М., 1964. 3. Левин Л. Методы решения технических задач с использованием аналоговых вычислительных машин. М., 1966.

УДК 621.869.4:629.114

А.А. Цереня, В.Я. Бабук,
Г.Ф. Бутусов, кан.техн.наук
(Белорусский политехнический институт)

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ РУЛЕВЫХ УПРАВЛЕНИЙ

Совершенствование и доводка конструкций рулевых управлений самоходных землеройно-транспортных машин требуют проведения стендовых испытаний, которые позволяют значительно снизить стоимость доводочных работ и сократить время на совершенствование и доводку рулевых управлений с гидравлической обратной связью.

С учетом этих обстоятельств стояла задача создания стенда, позволяющего проводить испытания рулевых управлений с гидравлической и гидромеханической обратной связью, получения их статических и динамических характеристик. Учитывая большой диапазон изменения сопротивления повороту для базовой машины, на которой устанавливаются испытуемые рулевые управления, необходимо было заложить в конструкцию стенда устройства, позволяющие легко имитировать различные величины дорожных сопротивлений.

Стенд (рис. 1) имеет 3 контура, из которых:

контур I имитирует внешнюю нагрузку, действующую на рулевое управление;