

Аналоговые математические модели систем управления сельскохозяйственными агрегатами составляем в соответствии с их структурными схемами, дополняя имитационные модели агрегатов моделями управляющих устройств преимущественно на основании их дифференциальных уравнений. Достоинствами таких моделей являются наглядность и функциональная связь передаточных коэффициентов с параметрами управляющих устройств.

Исследование составленной модели начинаем обычно с определения устойчивости системы, оптимизируем ее при детерминированных и затем при статистических воздействиях, а после изготовления управляющего устройства уточняем его параметры, исследуя в сопряжении с имитационной моделью агрегата.

Согласно системному подходу перечисленные этапы исследования, а также изучение условий функционирования и составление модели управляемого агрегата взаимосвязаны: каждый последующий этап базируется на предыдущих и дает информацию для уточнения их результатов. Здесь путем последовательных приближений преодолевается так называемый парадокс системного мышления - для описания системы необходимо наличие описания ее как элемента более широкой системы и наоборот. Так, исследуя процессы функционирования агрегата с целью определения его динамических характеристик, уже необходимо иметь сведения об этих характеристиках, чтобы спланировать эксперименты, обеспечивающие достоверные результаты.

УДК 621.436.002

И.С.Нагорский |

А.А.Успенский

#### ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

В исследованиях систем управления скоростными и нагрузочными режимами тракторных двигателей необходимо моделиро-

вать зависимости между крутящим моментом, положением рейки топливного насоса (РТН), частотой вращения коленчатого вала и положением рычага управления всережимного регулятора скорости (ВРС). Известные модели дизельных двигателей воспроизводят эти зависимости лишь в узких диапазонах их изменений, что затрудняет исследование систем управления.

Имитационная модель двигателя Д-240, пригодная во всем диапазоне скоростных и нагрузочных режимов, составлена методом последовательной эвристической идентификации: обоснована структурная схема модели, выведены дифференциальные уравнения, описывающие работу ВРС, и определены их коэффициенты, экспериментально получены переходные процессы в двигателе при детерминированных воздействиях, разработана его аналоговая модель и оценено ее соответствие реальному объекту.

Движение ВРС в пространстве состояний описано уравнениями Лагранжа второго рода. Значения конструктивных параметров ВРС, необходимые для расчета коэффициентов математической модели, определены экспериментально. Моменты инерции основного, промежуточного рычагов и ступицы грузов ВРС определены методом физического маятника, а моменты инерции грузов регулятора - по колебаниям трехнитяного подвеса (трифиляра).

Исследование динамики двигателя при детерминированных воздействиях показало, что для определения его передаточной функции по положению РТН достаточно рассмотреть процессы разгона и выбега двигателя при моменте нагрузки  $M_c = 0$ , осуществляемые путем поворота рычага управления ВРС с угловой скоростью не менее  $0,68\text{с}^{-1}$ , а для определения его передаточной функции по крутящему моменту необходимо рассматривать переходные процессы при изменении нагрузки и различных положениях рычага управления ВРС.

При разработке аналоговой модели двигателя сначала проведено моделирование ВРС в соответствии с выведенными уравнениями и осуществлен статический контроль модели, а затем методом настраиваемой модели определен вид и параметры передаточных функций двигателя при его работе совместно с ВРС.

Адекватность модели в статике оценена среднеквадратичны-

ми ошибками рассогласования регуляторных характеристик, зависимостей положения РТН от частоты вращения коленчатого вала и зависимостей частоты вращения от положения рычага управления ВРС при  $M_c = 0$ , снятых на реальном двигателе и модели. Они равны соответственно 8,07 Н.м, 0,018 мм и  $3,5 \text{ с}^{-1}$ . Совпадение переходных процессов оценено как непосредственно по рассогласованиям между кривыми этих процессов, так и относительными ошибками времени регулирования, времени запаздывания (время от начала воздействия на рычаг управления ВРС до момента изменения частоты вращения), максимальных отклонений РТН и частоты вращения от установившихся значений, которые равны соответственно 4,3; 1,1; 0,6; 3,6%.

Проведенные исследования показали, что двигатель Д-240 как объект управления скоростными и нагрузочными режимами с допустимой для решения технических задач точностью может быть представлен в виде апериодических звеньев первого порядка по обем входам (по положению РТН и моменту сопротивления), последовательно соединенных с изодромным звеном, и обратной связи, охватывающей изодромное и апериодическое звено, на вход которого поступает момент сопротивления. При этом работа ВРС описывается полученной аналитически системой нелинейных уравнений.

63I.372-52 001.5

А.А.Успенский

#### СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ МТА С ТРАКТОРАМИ МТЗ-80А/82А

Одним из основных направлений эффективного использования машинно-тракторных агрегатов (МТА) является комплексная