

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

**Москаленко А.А., Кононенко З.И., Худенко Д.О.**

Белорусский национальный технический университет

В работе рассматриваются задачи математического моделирования автоматизированной системы управления (регулирования), которая является одной из важных задач апробации работоспособности систем.

За основу выбрана одноконтурная система управления с запаздыванием:

$$H_M(s) = \frac{k_M e^{-s\tau_M}}{T_M s + 1}.$$

Дальнейшее расширение функции может быть достигнуто за счет разработки дополнительных модулей.

Программа моделирования разработана в интегрированной среде Delphi. Схема алгоритма моделирования показана на рисунке 1.

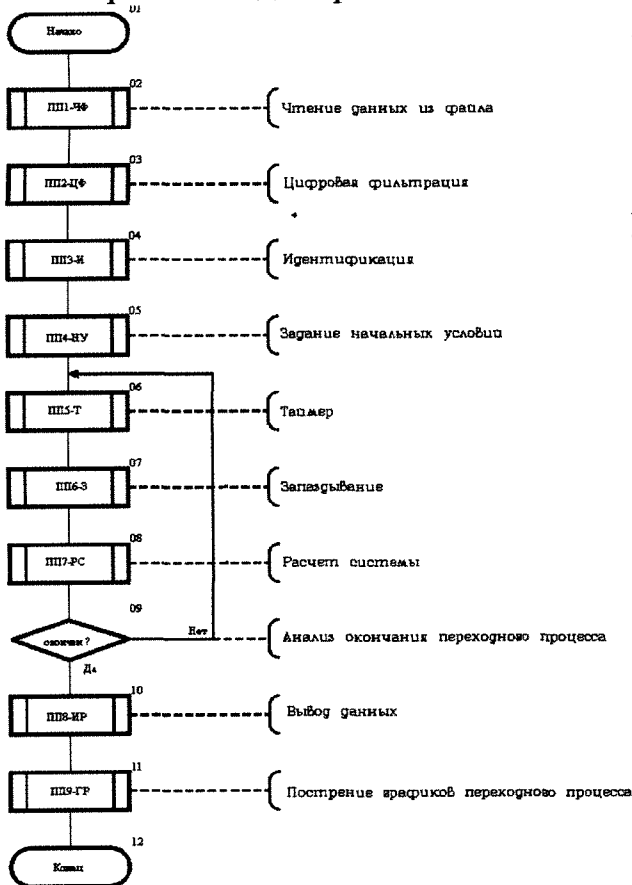


Рисунок 1.

звеньев через передаточные функции; далее осуществляется переход к временным функциям  $y_i(t)$  с переходом к разностным уравнениям  $y_i(nT_e)$  в виде рекуррентных формул, где  $T_e$  - время квантования непрерывной функции. Затем разрабатывается алгоритм вычисления дискретных значений сигналов в каждой точке системы путём движения по замкнутому контуру (контурам) от выбранной начальной точки обхода системы и формируется условие окончания переходного процесса.

В основу моделирования положен метод с использованием разностных уравнений в рекуррентном виде. При данном методе схема управления представляется в виде элементарных

При моделировании системы управления должна осуществляться цифровая фильтрация экспериментальных данных с объекта управления, идентификация параметров объекта в соответствии с выбранной моделью, расчёт параметров регулятора, вывод исходной и расчётной информации оператору и построение графиков переходного процесса, по которым оператор может оценить качество регулирования (управления) и соответствие качества выбранному критерию оптимальности.

Экспериментальные данные, снятые непосредственно на объекте управления записываются в файл данных, который считывается при запуске программы.

Данные с объекта управления имеют разброс, т.к. на объект управления в промышленных условиях действуют продольные и поперечные помехи. Поэтому, кроме специальных мер по борьбе с помехами, обязательно данные с объекта управления подвергаются цифровой фильтрации. В данной программе использован модифицированный  $\alpha - \beta$  фильтр Калмана с ограничениями для входных переменных.

Далее на основе сглаженных данных проводится идентификация параметров выбранной модели объекта ( $k_m$ ,  $T_m$  и  $\tau_i$ ).

Блок задания начальных условий необходим так же, как и при решении дифференциальных уравнений, т.к. программа должна знать значения на выходах всех узлов системы в момент времени  $t=0$ . В этом же блоке рассчитываются параметры регулятора, зависящие от параметров объекта управления в соответствии с заданным критерием асимптотической устойчивости, который допускает перерегулирование, не превышающее 4%.

Затем программируется система: блок запаздывания объекта системы и узлы системы. Предусмотрено два режима: в темпе машинного и реального времени.

Затем выводятся расчётные параметры и строятся графики переходных процессов для ошибки регулирования и выходного значения объекта управления при подаче на вход единичного пробного задания.

На основании графиков переходных процессов делается вывод о качестве работы системы управления и целесообразности её внедрения на промышленном объекте.

Данная моделирующая программа легко трансформируется для моделирования двухконтурных и многоконтурных систем управления. Так, например, для моделирования двухконтурных систем с дифференциатором, которые широко используются на электрических станциях, необходимо записать два файла данных, дважды обратиться к блоку цифровой фильтрации, дважды обратиться к блоку идентификации объекта, а для моделирования системы ввести две расчётные формулы в рекуррентном виде.

Программа прошла апробацию на кафедре РТС ФИТР и внедрена в учебный процесс.