

## Идентификация передаточной функции турбо-реактивного двигателя и использование полученной математической модели для разработки регулятора оборотов топливной помпы

Д.С. Аниськин

Центральный научно-исследовательский институт химии и механики им. Менделеева

В докладе изложен автоматизированный подход к идентификации динамических характеристик турбо-реактивного двигателя. Полученная математическая модель переходных процессов двигателя используется для настройки регулятора оборотов топливной помпы. Изложенный метод позволяет в значительной мере сократить временные и ресурсные затраты на настройку регулятора. Приведены результаты применения метода на практике.

При разработке современного турбо-реактивного двигателя (ТРД) невозможно исключить этап настройки системы автоматического управления (САУ). САУ необходима для стабилизации режима работы двигателя, улучшения показателей переходных процессов [1].

Эмпирический подход к настройке системы автоматического управления опасен выходом двигателя на нерасчётные режимы работы, например превышением расчётной температуры и давления, появлением значительной вибрации. Всё это может привести к повреждению двигателя, выхода его из строя и последующему длительному восстановлению. Таким образом, для повышения безопасности и сохранения ресурсов при настройке САУ необходима процедура идентификации параметров ТРД, что, в свою очередь повысит точность и качество управления.

Исходными данными для процедуры расчёта параметров линейной модели ТРД служат переходные процессы по оборотам вала турбины от заданных оборотов топливной помпы. На рис. 1-2 представлены графики исходных экспериментальных процессов по следующим параметрам: заданная частота вращения помпы и текущая частота вращения вала турбины.

$$K = av_{\text{помпы}} + b, \quad (1)$$

где  $K$  - коэффициент усиления;  $v_{\text{помпы}}$  - частота вращения помпы;  $a, b$  - постоянные коэффициенты.

Как видно из рис. 1-2 имеет место быть некоторая нелинейность в отклике двигателя, а именно приращение оборотов вала двигателя с ростом оборотов помпы замедляется. Такое явление можно представить в виде коэффициента усиления, зависящего от оборотов помпы (1).

С помощью пакета расширения System Identification Toolbox программного комплекса MatLab вычисляются передаточные функции (ПФ) по переходным процессам для каждого ступенчатого увеличения оборотов помпы. System Identification Toolbox предоставляет возможности для построения математических моделей динамических систем по измеренным данным входа и выхода реальной системы. Можно использовать данные входа, выхода во временной и частотной области для идентификации непрерывных и дискретных передаточных функции, моделей процессов и моделей в пространстве состояний. [2, 3]

Как видно из графиков переходные процессы явно носят аperiodический характер, следовательно ПФ ищутся в классе функций  $\frac{K}{Tp+1}$  [3]. ПФ помпы можно представить единичным усилительным звеном.

По установившемуся значениям определяется коэффициент усиления в зависимости от оборотов помпы (Табл. 1) и методом наименьших квадратов определяется функция изменения коэффициента усиления от оборотов помпы (1).

При настройке регулятора необходима линеаризация коэффициента усиления.

В качестве регулятора был выбран классический для таких целей пропорционально-интегральный регулятор (ПИ-регулятор) [4]. Для повышения стабильности работы двигателя добавлено ограничение на скорость прироста частоты вращения помпы двигателя.

Данный метод апробирован на практике, при разработке новых образцов авиационной техники.

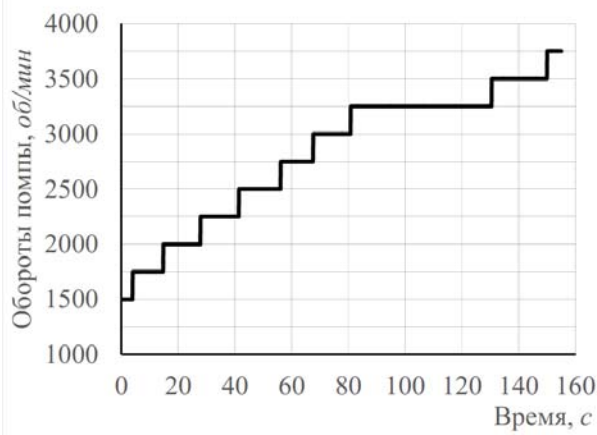


Рис. 1 – Заданные обороты помпы

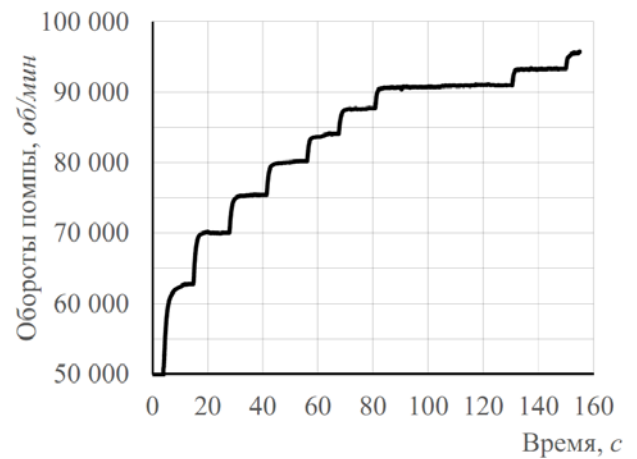


Рис. 2 – Текущие обороты вала двигателя

Табл. 1.

| Интервал частоты вращения помпы | Коэффициент усиления |
|---------------------------------|----------------------|
| 1500 – 1750                     | 35,7                 |
| 1750 – 2000                     | 35,0                 |
| 2000 – 2250                     | 33,5                 |
| 2250 – 2500                     | 32,1                 |
| 2500 – 2750                     | 31,2                 |
| 2750 – 3000                     | 29,4                 |
| 3000 – 3250                     | 28,3                 |
| 3250 – 3500                     | 26,7                 |
| 3500 – 3750                     | 25,9                 |

### Литература

1. Лянцев О.Д., Казанцев А.В., Васин А.С. Методика идентификации передаточных функций газогенератора ТРДД. // Международный научный журнал «ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА» №4 2015, с 43–46.
2. Дьяконов В.П., Круглов В.В. Matlab. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. –СПб.: Питер, 2001. 448 с.
3. Дилигенская А.Н. Идентификация объектов управления. Электронное учебное пособие для вузов. Самарский государственный университет, 2009. 136с.
4. Ощепков А.Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: Учебное пособие. –СПб.: Лань, 2016. 208с.