

## МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ДГУ

к.т.н. Р.П. Мигущенко, О.Ю. Валуйская  
(представил д.т.н., проф. Ю.А. Раисов)

*Рассмотрены вопросы разработки аппаратного и алгоритмического обеспечения для получения математической модели рабочей зоны дизель-генераторной установки путем идентификации, что в свою очередь способствует более детальному изучению процессов в указанной установке, грамотному подходу к синтезу диагностических систем, систем управления и т.д.*

**Постановка проблемы.** Задача диагностики дизельной аппаратуры [1], без сомнения, является актуальной для отечественной промышленности и требует детального изучения и глубокого анализа дизель-генераторных установок (ДГУ), что, практически, невозможно без наличия соответствующей модели объекта или процесса. В данной статье рассмотрены разработки аппаратного и алгоритмического обеспечения для получения модели рабочей зоны ДГУ путем идентификации.

**Анализ литературы.** Наличие моделей промышленных агрегатов, к которым относится ДГУ, является необходимым условием для детального изучения объекта исследования, построения систем управления, измерительных комплексов, диагностических систем и т.д. Однако, при разработке таких моделей, как правило, пользуются либо теоретическим путем [2], основанным на физическом представлении о процессах и агрегате, либо с помощью построения нейронных сетей [3], либо с помощью измерительной информации, что ведет к синтезу вероятностных моделей [4]. В данной статье предлагается разработать модель рабочей зоны ДГУ путем практической идентификации.

**Цель статьи** заключается в разработке аппаратного и алгоритмического обеспечения для идентификации рабочей зоны ДГУ.

**Получение динамической модели рабочей зоны ДГУ путем идентификации.** Экспериментальный и теоретический пути при разработке моделей промышленных объектов имеют свои достоинства и недостатки. Поэтому в большинстве исследований стараются сочетать в разумной сте-

пени достоинства этих подходов. В данной статье принята такая же концепция. Особенностью рассматриваемого случая является то, что из-за сложного характера поведения объекта исследований в условиях реального функционирования необходимо иметь динамическую модель ДГУ.

Выбор экспериментального метода при разработке динамической модели ДГУ обусловлен наличием датчиков идентифицируемого параметра (вибрации), наличием стандартных регистраторов (самописцев), наличием проверенных и хорошо зарекомендованных в деле методик обработки результатов эксперимента, априорными сведениями о структуре объекта (наличие запаздывания, переколебаний и инерционностей).

В общем случае модель ДГУ  $W_o$  имеет вид

$$W_o = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \cdots & W_{nn} \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Функции  $W_{ij}$  определяют передачу воздействия со стороны форсунок (цилиндров) на сигнал измерительного канала, функции  $W_{ij}$  отражают перекрестные влияния.

Такая структура позволяет постулировать класс моделей при идентификации: линейные, непрерывные, с сосредоточенными параметрами, стационарные, детерминированные.

Априорные сведения об объекте и натурные наблюдения за работой форсунок (цилиндров) ДГУ в части съема измерительной информации при помощи измерительных каналов с пьезоэлектрическими первичными преобразователями, установленными на трубке ТНВД вблизи форсунки, показали, что измеряемый процесс является колебательным и может быть описан следующим образом [2]:

$$W_{ij}(p) = \frac{k_{ij}}{T_{1ij}^2 p^2 + T_{2ij} p + 1} e^{-p\tau_{ij}}, \quad (2)$$

где  $\tau_{ij}$  – транспортное запаздывание;  $T_{1ij}$ ,  $T_{2ij}$  – постоянные времени;  $k_{ij}$  – коэффициент передачи.

Исходя из принятого класса моделей (1, 2), а также из анализа физической природы объекта было принято решение об использовании метода идентификации по переходным характеристикам. Выбранный метод предполагает подачу на объект единичных функций типа «прямоугольная волна» или близких к нему и измерение выходной координаты измерительным каналом.

На практике алгоритм идентификации реализован на основе экспериментальной установки, схема которой изображена на рис. 1.

Экспериментальная установка создана для разработки динамической модели ДГУ, определения многосвязности процессов в ДГУ и синтеза компенсатора перекрестных связей. Установка абстрагирована от влияний многих дестабилизирующих факторов при функционировании форсунок (цилиндров) ДГУ. Ее функционирование предполагает возможность разделения срабатывания форсунок во времени и возможность измерения переходной характеристики объекта исследований путем многократных наблюдений.

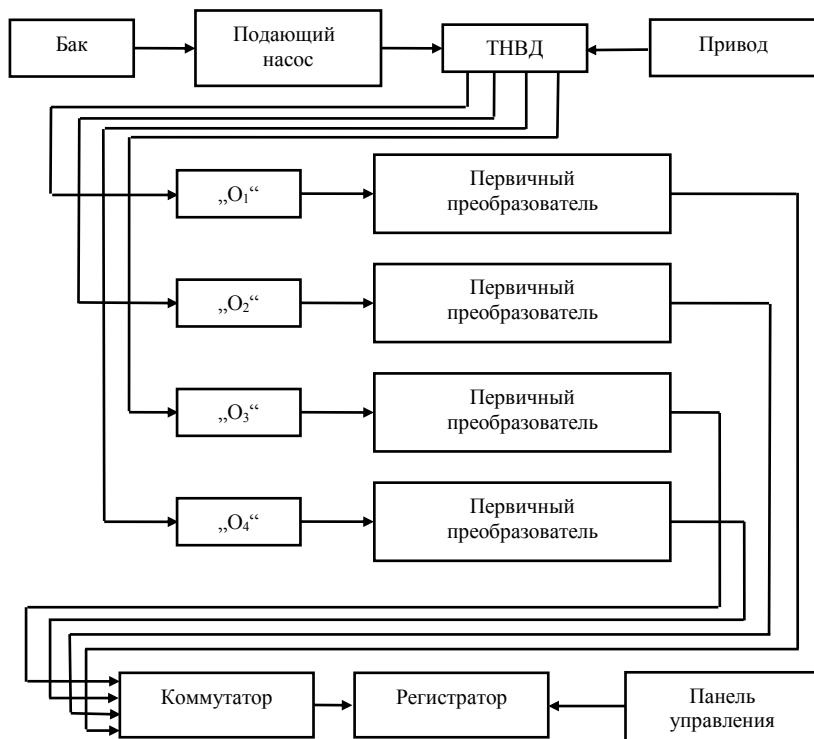


Рис. 1. Схема установки для идентификации (ТНВД – топливный насос высокого давления; «O<sub>j</sub>» – объект исследования)

Блок-схема алгоритма, реализующего методику динамической идентификации в ДГУ, приведена на рис. 2 и требует некоторых комментариев:

– в целях снижения зависимости результатов идентификации от помех для каждого из  $j$ -образцов предусмотрена процедура предварительной фильтрации данных (сглаживание). При этом использовался алгоритм сглаживания функций параболическим фильтром второго порядка, пригодным для колебательных переходных процессов,

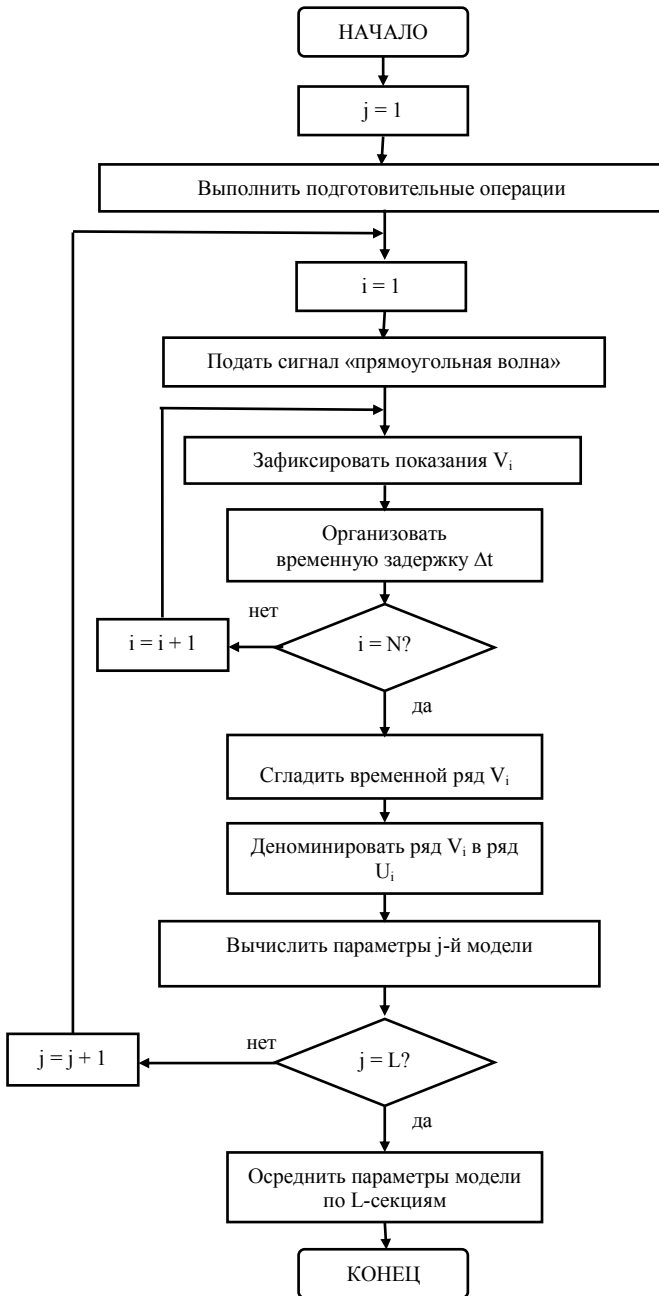


Рис. 2. Алгоритм идентификации

– период дискретизации измерительной информации (в терминах блок-схемы –  $\Delta t$ ) определяется, исходя из следующих ограничений. Ограничением снизу ( $\Delta t_{\min}$ ) является требование статистической значимости разницы двух соседних отсчетов  $V_i - V_{i-1}$  и время преобразования регистратора. Последнее, для рассматриваемого случая, оказалось пренебрежительно малым. Кроме того, на рассматриваемое ограничение влияет скорость фиксации результата, которая при автоматической записи, как максимально оптимальной, также оказалась пренебрежительно малой. Ограничением сверху ( $\Delta t_{\max}$ ) является частотный спектр процесса, изучение которого является самостоятельной и достаточно трудоемкой задачей. Учитывая эти обстоятельства, а также то, что фильтрация данных осуществляется в пакетном режиме (а не в режиме реального времени) на ЭВМ, было принято решение о максимальном приближении  $\Delta t$  к  $\Delta t_{\min}$ . Количественно параметры (2) находятся из выражений представленных в [5] для колебательных процессов по полученной переходной характеристике:

$$\left\{ \begin{array}{l} k = y_{уст} \quad \text{при} \quad x_{уст} = 1; \\ T_1^2 = \frac{1}{\lambda^2 + \theta^2}; \\ T_2 = -\frac{2\lambda}{\lambda^2 + \theta^2}, \end{array} \right.$$

где  $y_{уст}$  – установившееся значение выходной координаты измерительного канала;  $x_{уст}$  – единичное входное воздействие на первичный преобразователь вибрации со стороны форсунки;  $\lambda$  и  $\theta$  вычисляются непосредственно по переходной характеристике следующим образом:

$$\theta = \frac{2\pi}{\rho};$$

$$\lambda = \frac{1}{\rho} 2.311g \frac{\Delta y_{\max 2}}{\Delta y_{\max 1}},$$

где  $\rho$  – период собственных автоколебаний, определяемый по переходной характеристике при установившемся значении,  $\Delta y_{\max 1}$  и  $\Delta y_{\max 2}$  – амплитуды автоколебаний  $y$  относительно конечного установившегося его значения, отстоящие друг от друга на время, равное периоду колебаний  $\rho$ .

**Выводы.** Использование изложенной методики позволило осуществить практическую идентификацию. По результатам идентификации определена матрица, описывающая модель исследованной четырехцилиндровой дизель-генераторной установки в виде

$$W_o = \left[ \begin{array}{l} \frac{0.40}{2.74 \cdot 10^{-5} p^2 + 2.59 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ \frac{0.15}{4.76 \cdot 10^{-5} p^2 + 2.35 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ \frac{0.03}{7.51 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ 0 \\ \frac{0.03}{4.2 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ \frac{0.15}{2.57 \cdot 10^{-5} p^2 + 7.8 \cdot 10^{-4} p + 1} \\ \frac{0.36}{3.91 \cdot 10^{-5} p^2 + 2.3 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ \frac{0.18}{2.09 \cdot 10^{-5} p^2 + 1.14 \cdot 10^{-3} p + 1} \end{array} \right] e^{-2 \cdot 10^{-3} p} \left[ \begin{array}{l} \frac{0.13}{2.17 \cdot 10^{-5} p^2 + 2.01 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ \frac{0.38}{3.13 \cdot 10^{-5} p^2 + 2.37 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ \frac{0.12}{1.43 \cdot 10^{-5} p^2 + 9.69 \cdot 10^{-4} p + 1} \\ \frac{0.04}{6.11 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ 0 \\ \frac{0.02}{6.85 \cdot 10^{-3} p + 1} \\ \frac{0.11}{3.64 \cdot 10^{-5} p^2 + 6.25 \cdot 10^{-4} p + 1} \\ \frac{0.37}{3.2 \cdot 10^{-5} p^2 + 1.79 \cdot 10^{-3} p + 1} \end{array} \right] e^{-3 \cdot 10^{-3} p} e^{-2 \cdot 10^{-3} p} e^{-9 \cdot 10^{-3} p} e^{-4 \cdot 10^{-3} p} e^{-2 \cdot 10^{-3} p} e^{-9 \cdot 10^{-3} p} e^{-3 \cdot 10^{-3} p} \quad (3)$$

Дальнейшие исследования полученной модели ДГУ (3) предлагается ориентировать на оценку многосвязности изучаемого объекта [6].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Валуцкая О.Ю. Обработка вибросигналов с целью определения параметров для экспресс-диагностики топливной аппаратуры дизельных агрегатов // Вестник НТУ «ХПИ». Автоматика и приборостроение. – 2002. – Вып. 9. – Т. 7. – С. 31 – 34.
2. Многоканальные системы оптимального управления / Е.Е. Александров, Б.И. Кузнецов, И.Н. Богаенко и др. – К.: Техніка, 1995. – 281 с.
3. Нейронные сети в системах автоматизации / В.И. Архангельский, И.Н. Богаенко, Г.Г. Грабовский, Н.А. Рюмишн. – К.: Техніка, 1999. – 364 с.
4. Варбанец Р.А. Мониторинг и расчет рабочего процесса судовых дизелей в эксплуатации: Дисс. канд. техн. наук: 05.13.05. – Одесса, 1997. – 185 с.
5. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. – Л.: Энергия, 1969. – 375 с.
6. Рей У. Методы управления технологическими процессами: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 368 с.

Поступила 24.04.2003

**МИГУЩЕНКО Руслан Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры измерительно-информационной техники Национального технического университета „ХПИ”. В 1996 году окончил ХГПУ. Область научных интересов – разработка и исследование информационно-измерительных систем для технологических промышленных агрегатов.

**ВАЛУЙСКАЯ Ольга Юрьевна**, ассистент кафедры теоретических основ электротехники НТУ „ХПИ”. В 1995 году окончила ХГПУ. Область научных интересов – разработка и исследование информационно-измерительных систем для технологических промышленных агрегатов.