

УДК 629.33-6

Н.В. Подгорный, к.т.н., ЧГТУ

## СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВАТОРА ТОПЛИВА

Разработана математическая модель электронной системы управления углом опережения зажигания (УОЗ) в двигателе внутреннего сгорания (ДВС). Применение данной системы позволяет за счет дозирования оптимального количества топлива обработанного активатором обеспечить снижение расхода бензина и уменьшить концентрацию продуктов неполного сгорания в условиях эксплуатации.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, топливо обработанное активатором, математическая модель.

**Постановка проблемы.** Сокращение нефтяных ресурсов планеты, ухудшение ее экологии ведут к необходимости создания и использование современных технологий, для обеспечения дальнейшего совершенствования рабочего процесса ДВС в, первую очередь, процессов смесеобразования и сгорания. Одним из способов дальнейшего совершенствования процессов смесеобразования и сгорания может быть использование на автомобильном транспорте (АТ) активаторов топлива и топливно-воздушной смеси, для повышения числа возбужденных и ионизированных частиц в горючей смеси (активных радикалов). Наличие таких частиц оказывает положительное влияние на интенсивность протекания процессов смесеобразования и сгорания, приводит к улучшению показателей рабочего процесса двигателя автомобиля в условиях эксплуатации [1]. Иной не менее важной задачей есть доработка и переоборудование уже существующих автомобильных систем для работы на топливе содержащем активаторы. При этом электронное управление ДВС таких автомобилей в целом должно обеспечивать выполнение трех задач, а именно: максимальную создаваемую мощность, топливную экономичность и экологичность.

**Анализ исследований и публикаций.** Являясь одним из новейших достижений науки, активаторы топлива выступая всего лишь катализатором в действии двигателя внутреннего сгорания, улучшают качество топлива, а также предохраняют детали двигателя от преждевременного износа или закупорки углеродным осадком. Активаторы топлива очищают низкокачественное топливо с низким октановым числом, повышают мощность двигателя. В зарубежной автомобильной промышленности [2,3] вопрос управления ДВС ставится значительно шире. Во-первых, важным вопросом есть математическое моделирование двигателя в зависимости от влияния УОЗ на его работу. Во-вторых, большинство управляющих процессов разрабатываются на основе замкнутых систем, разрешающих поддерживать заданные управляемые параметры двигателя в определенных границах в процессе эксплуатации ДВС. Кроме этого, в [4] определено, что УОЗ используется в качестве управляющего параметра в нескольких случаях, а именно: определяет оптимальные параметры работы двигателя; служит дополнительной системой по регулированию холостого хода.

**Цель и постановка задачи.** Усовершенствование электронной системы зажигания с учетом возможности непрерывного регулирования и управления процесса подачи активатора в топливо непосредственно во время работы автомобиля.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать математическую модель системы зажигания автомобиля, что позволит упростить описание локальных процессов управлением зажигания;

- разработать алгоритм управления системой зажигания ДВС на топливе обработанном активатором;

- сформировать структуру системы зажигания с использованием блока управления подачи активатора в топливо для повышения экологических и экономических показателей автомобиля в условиях эксплуатации.

**Материалы и результаты исследования.** В автомобильном производстве УОЗ устанавливается по таблицам и регулируется разомкнутым методом [1]. Такие системы предназначены для адаптации УОЗ в зависимости от состава топливной смеси. Управляющим параметром системы есть УОЗ, находящаяся в зависимости от выбранного режима и рабочих параметров ДВС автомобиля. Вторым подходом есть замкнутый метод, что используется лишь при управлении по детонации [2]. Кроме того УОЗ не используется в качестве управления переходными режимами.

В нашем исследовании система зажигания ДВС работающая на топливе, обработанном активатором, есть сложный логико-динамический объект. Поэтому обоснованный выбор параметров создания топливной смеси в соответствии с указанными выше качествами ДВС, может быть осуществлен только на основе использования системного подхода [5].

Рассмотрим управляемую систему зажигания автомобиля как последовательную схему, которая имеет множество дискретных выходов, множество дискретных входов и множество дискретных внутренних состояний. Схема устанавливает функциональную зависимость между состояниями входа и состояниями выхода.

Уравнения, которые определяют (состояние системы зажигания) асинхронного управляющего автомата Мура  $M$  при  $t = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (t + \varepsilon)$ , имеет следующий вид:

$$z(t) = z[y(t), s(t)], \quad s = s(t^+) = s[y(t), s(t)], \quad (1)$$

где  $z(t)$  — состояние выхода;  $y(t)$  — состояние входа;  $s(t)$  — внутренние состояние конечного автомата  $M$  в момент времени  $t$ . При этом  $z(t)$ ,  $y(t)$ ,  $s(t)$  могут принимать последовательность значений  $\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ ,  $\{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ ,  $\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$  соответственно.

Полное состояние  $T(t)$  автомата  $M$  определяется как  $T(t) = [s(t), y(t)]$  и может принимать следующие значения  $\{(s_1, y_1), (s_2, y_2), \dots, (s_i, y_i), \dots\}$  при  $t^+ = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (t + \varepsilon)$ , когда  $T(t^+) = T(t)$ .

Такое согласование разрешит провести выбор параметров системы зажигания с учетом критических режимов функционирования ДВС.

В работе рассматриваемая динамическая система описывается следующей системой дифференциальных уравнений, где асинхронный конечный регулятор имеет  $n$  внутренних состояний:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= X_1(x_1, \dots, x_n) + U_1(s_1, f_1, x_1, \dots, x_n), \\ \dot{x}_2 &= X_2(x_1, \dots, x_n) + U_2(s_2, f_2, x_1, \dots, x_n), \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dot{x}_n &= X_n(x_1, \dots, x_n) + U_n(s_n, f_n, x_1, \dots, x_n), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $x$  — состояние динамической системы,  $x = (x_1, \dots, x_n)$ ;  $U$  — управляющее воздействие, определенное как функция внутреннего состояния конечного автомата, возмущения и изменения состояния динамической системы,  $U = (U_1, \dots, U_n)$ .

Если  $x$ ,  $X$ ,  $U$ , рассматривать как компоненты векторов, то система уравнений (2) может быть представлена в следующем виде:

$$\dot{x} = X(x) + U(s, x); \quad x(0) = x^0, \quad s(0) = s^0. \quad (3)$$

Поскольку конечный автомат управляет динамической системой (системой зажигания), то выходные сигналы автомата должны быть преобразованы в действительные числовые значения, а действительные числовые значения переменных динамической системы - в дискретные значения (рисунок 1).

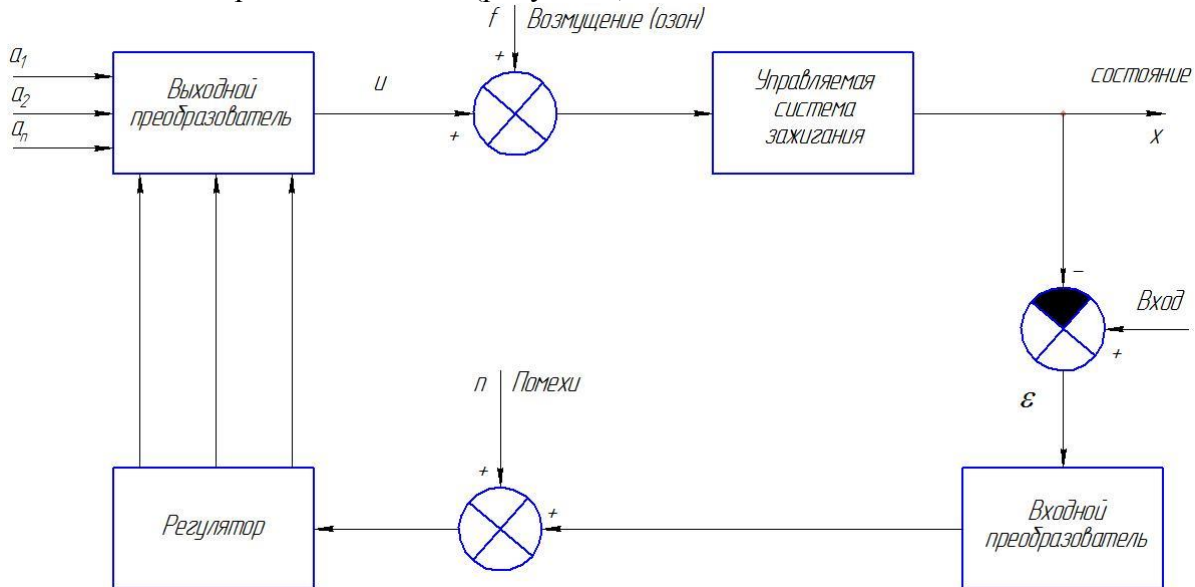


Рисунок 1 – Управляемая система зажигания автомобиля.

Пусть  $\zeta_i(t)$  — функция переключателя, обусловлена как

$$\zeta_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } z(t) = z_i \\ 0, & \text{если } z(t) \neq z_i \end{cases}$$

И пусть  $\zeta$  — вектор з компонентами  $\zeta_i$ ,  $A$  — постоянная матрица с элементами, определенными в области действительных чисел.

Тогда получим действительное векторное уравнение:

$$U(s, x) = A\zeta. \quad (4)$$

Каждому возможному значению дискретного сигнала входа  $u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_p$  должно соответствовать определенное множество значение переменных состояния  $x_j$ .

Пусть  $X^n$  —  $n$ -мерное декартовое пространство, определенное координатами  $x_j$ , и пусть  $X^n$  разделено с помощью  $p$ -делений на  $n$ -мерные подпространства  $X_1^n, X_2^n, \dots, X_p^n$  (границная линия между  $X_i^n$  и  $X_j^n$  подпространствами называются линией переключения).

Связывая  $u_i$  з  $X_i^n$ , будем иметь  $y(t)=u_i$  тогда и только тогда, когда  $x \in X_i^n$ , или —

$$y(t) = \sum u_i [\mu(X_i^n, x)], \quad (5)$$

где  $\mu(X_i^n, x)$  — функция переключателя, определяется как

$$\mu(X_i^n, x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in X_i^n \\ 0, & \text{в другихслучаях} \end{cases}$$

Из формулы (5) видно, что вход автомата (регулятора) есть функцией переменной состояния объекта управления. Поэтому уравнение (5) целиком описывает функцию  $U(s, x)$ .

Приведенные математические уравнения иллюстрируют закон функционирования системы зажигания с дискретно изменяемыми входными сигналами и квантованием непрерывного управляющего влияния.

Выходной сигнал регулятора есть дискретная выходная последовательность, связанная с дискретной последовательностью входа, и эта зависимость определяется внутренним состоянием автомата (системы зажигания).

Таким образом, синтез системы зажигания автомобиля состоит в:

- формировании стратегии управления или закона управления, которое описывает выходной сигнал регулятора как функцию состояния динамической системы;
- формировании стратегии автомата, раскрывающей зависимость "вход-выход";
- детальном синтезе логической схемы конечного автомата.

**Анализ результатов.** Предложенная математическая модель электронной системы УОЗ в ДВС, работающем на топливе обработанном активатором позволяет:

- использовать математическую модель для определения показателей работы ДВС от изменения УОЗ;
- осуществлять исследования влияния изменения параметров УОЗ на показатели работы автомобиля, в частности оценить его топливную экономичность и токсичность, в условиях эксплуатации;
- полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего исследования озонирования топлива всех типов автомобилей.

**Перспективы дальнейших исследований.** В последние годы были разработаны новые высокоэнергетические магниты на основе сплавов редкоземельных элементов неодим-железо-бор и самарий-кобальт, которые по своим магнитным характеристикам на порядок превосходят ферриты и, соответственно, повышают эффективность активации. Этот факт, а также резкое подорожание топлива, подчеркивают актуальность дальнейших исследований по использованию магнитных активаторов для автомобильных двигателей. Как за рубежом, так и в России начинают появиться различные конструкции активаторов. Они проходят исследования на экологическую чистоту выхлопа, экономичность и динамические характеристики. Поэтому описанные в статье исследования имеют дальнейшую перспективу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соснин Д.А. Новейшие автомобильные электронные системы. / Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. – М. : СОЛОН – Пресс, 2005. – 240 с.
2. Росс Твег. Системы зажигания легковых автомобилей. Устройство, обслуживание и ремонт / Росс Твег. – М.: Издательство "За рулем", 1998. – 144 с.
3. Lino Guzzella. Introduction to Modeling and Control of Internal Combustion Engine. Systems /Lino Guzzella and Christopher H. Onder, 2010 Springer - Verlag Berlin Heidelberg. – 180 p.
4. J.A. Cook. Engine Control / J.A. Cook., J.W. Grizzle, and J. Sun, January 18, 1995. –
5. Тимченко Анатолій Анастасійович. Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки. /А.А. Тимченко – К. : Либідь, 2004. – 288 с.