

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

УДК 621.43.04

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОДНОИСКРОВОЙ И МНОГОИСКРОВОЙ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Ф.И. Абрамчук, проф., д.т.н., А.Н. Кабанов, доц., к.т.н., Д.В. Швыдкий, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет**

Аннотация. Представлены результаты сравнительного анализа показателей одноискровой и многоискровой систем зажигания газового двигателя. Приведены результаты экспериментального исследования данных систем.

Ключевые слова: газовый двигатель, система зажигания, искровой разряд, энергия зажигания.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ОДНОІСКРОВОЇ Й БАГАТОІСКРОВОЇ СИСТЕМ ЗАПАЛЮВАННЯ ГАЗОВИХ ДВИГУНІВ

**Ф.І. Абрамчук, проф., д.т.н., О.М. Кабанов, доц., к.т.н., Д.В. Швидкий, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет**

Анотація Наведено результати порівняльного аналізу показників одноіскрової й багатоіскрової систем запалювання газового двигуна. Наведено результати експериментального дослідження даних систем.

Ключові слова: газовий двигун, система запалювання, іскровий розряд, енергія запалювання.

EFFICIENCY ANALYSIS OF GAS ENGINES MONOSPARK AND MULTISPARK IGNITION SYSTEMS

**F. Abramchuk, Prof., D. Sc. (Eng.), O. Kabanov, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),
D. Schvydkiy, P.G.,
Kharkov National Automobile and Highway University**

Abstract. The results of comparison analysis of gas engine monospark and multispark ignition systems indices are presented. The results of these systems experimental investigation are given.

Key words: gas engine, ignition system, spark discharge, ignition energy.

Введение

Для гибкого управления формой импульса тока свечи зажигания и энергией искрообразования, длительностью искры при работе на бедных смесях газовых ДВС, а также продления ресурса свеч зажигания необходимы достоверные данные о всех параметрах системы зажигания, как первичной цепи, так и вторичной.

Анализ публикаций

Для надёжного воспламенения обеднённых газовых смесей и надёжного холодного пуска газового двигателя необходима высокая энергия искрового разряда. В то же время высокая энергия разряда приводит к существенному снижению ресурса свечей, усложнению и удорожанию системы зажигания в целом.

В работах [1] и [2] приведены материалы о работе форсированных систем зажигания, позволяющих гибко управлять формой импульса тока свечи зажигания с целью:

- увеличения энергии и продолжительности искрообразования для более надёжного воспламенения при работе на бедных смесях;
- уменьшения амплитуды тока за счёт достижения более плоской формы импульса с целью продления ресурса свеч зажигания.

В работах [3] и [4] косвенно определяется энергия искры без оценки точности.

Анализ литературы показал, что в работах, посвящённых определению энергии зажигания, недостаточно освещён вопрос методики её измерения, а также эффективности работы самой системы зажигания.

Цель и постановка задачи

Таким образом, целью данной работы стал сравнительный анализ эффективных показателей различных систем зажигания газовых двигателей.

Методика проведения экспериментального исследования

Экспериментальные исследования двух электронных систем зажигания на базе блоков управления с накоплением энергии в ёмкости для одиночного и для многоискрового зажигания выполнены на газовом двигателе 6ГЧН13/14. Принципиальная схема экспериментальной электронной системы зажигания приведена на рис. 1.

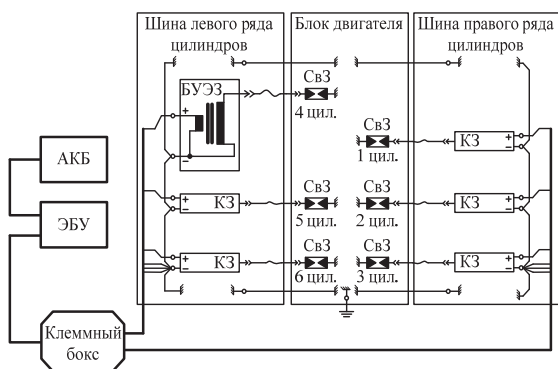


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной электронной системы зажигания двигателя 6ГЧН13/14: КЗ – катушка зажигания; СвЗ – свеча зажигания; БУЭЗ – блок управления энергией зажигания

В процессе экспериментального исследования при помощи цифрового осциллографа *Tektronix TDS 3014* регистрировались сила тока I_1 и напряжение U_1 в первичной цепи, что дало возможность определить мощность P_1 в любой момент времени и общую энергию E_1 на выходе из электрического блока управления. Измерение силы тока I_{sec} и напряжения U_{sec} во вторичной цепи позволило определить мощность P_{sec} на выходе из катушки зажигания

$$P_{sec} = U_{sec} \cdot I_{sec}. \tag{1}$$

Напряжение разряда на электродах свечи зажигания определяется из выражения

$$U_{spark} = U_{sec} - I_{sec} (R_1 + R_2), \tag{2}$$

где R_1 и R_2 – сопротивления, интегрированные в разъёмное соединение и свечу соответственно.

Мощность разряда на этапе горения искры равна

$$P_{spark} = U_{spark} \cdot I_{spark} \approx U_{spark} \cdot I_{sec}. \tag{3}$$

Общая энергия разряда за всё время горения искры

$$E_{spark} = \int P_{spark} \cdot dt. \tag{4}$$

Сравнительное экспериментальное исследование систем зажигания проводилось на режиме максимального крутящего момента двигателя 6ГЧН13/14. При помощи измерительного щупа *Fluke 80i-110s* регистрировалась сила тока в первичном контуре системы зажигания. Напряжение в данном контуре измерялось с помощью щупа *Tektronix P3010*. Во вторичной обмотке напряжение измерялось при помощи высоковольтного измерительного щупа *North-star PVM-5*.

Результаты экспериментального исследования

На рис. 2 и 3 приведены осциллограммы напряжения и силы тока во вторичной обмотке с одиночным и десятиискровым разрядами.

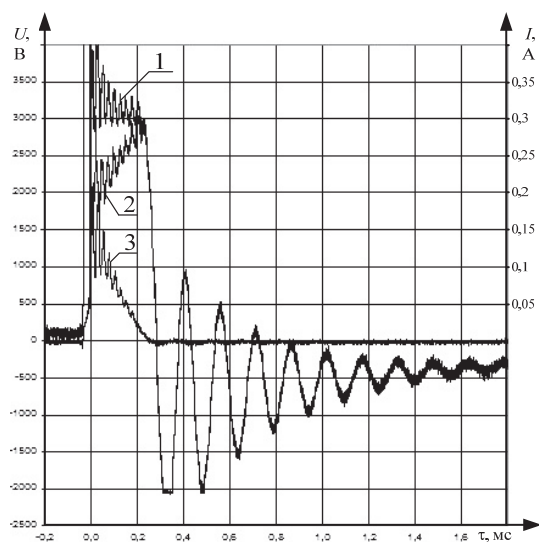


Рис. 2. Осциллограммы напряжения и силы тока вторичной обмотки при одноискровом разряде: 1 – напряжение во вторичной обмотке, В; 2 – напряжение на свече зажигания, В; 3 – сила тока во вторичной обмотке, А

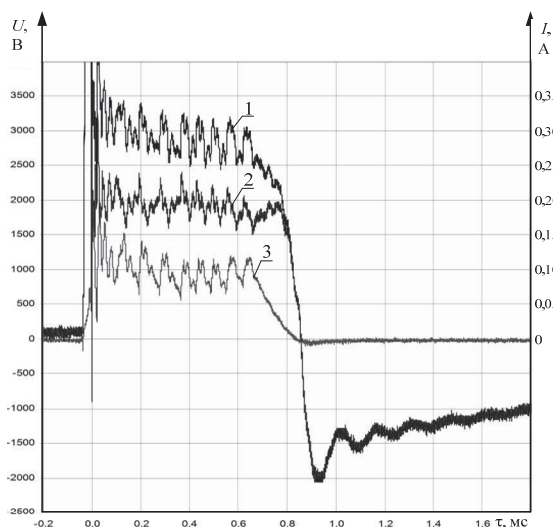


Рис. 3. Осциллограммы напряжения и силы тока вторичной обмотки при десятиискровом разряде: 1 – напряжение во вторичной обмотке, В; 2 – напряжение на свече зажигания, В; 3 – сила тока во вторичной обмотке, А

Обработка полученных осциллограмм, с целью получения мгновенных значений мощности и энергии разряда, выполнялась с использованием программного пакета *Microsoft Excel*.

На рис. 4 и 5 представлены зависимости мгновенных значений мощности разряда от времени для одноискрового и десятиискрового разрядов.

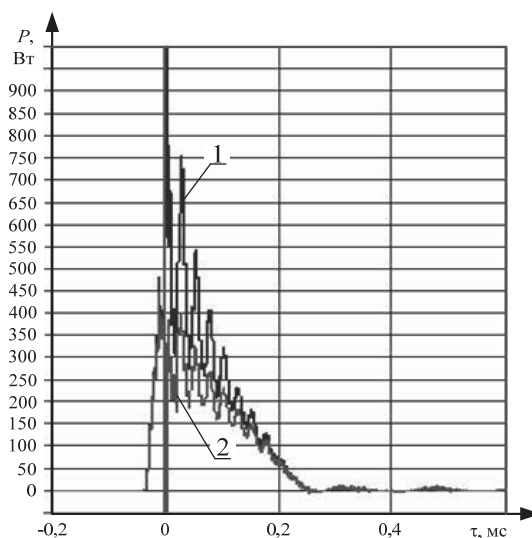


Рис. 4. Зависимости мощности тока от времени в системе зажигания при одноискровом разряде: 1 – мощность тока на катушке зажигания, Вт; 2 – мощность тока на свече зажигания, Вт

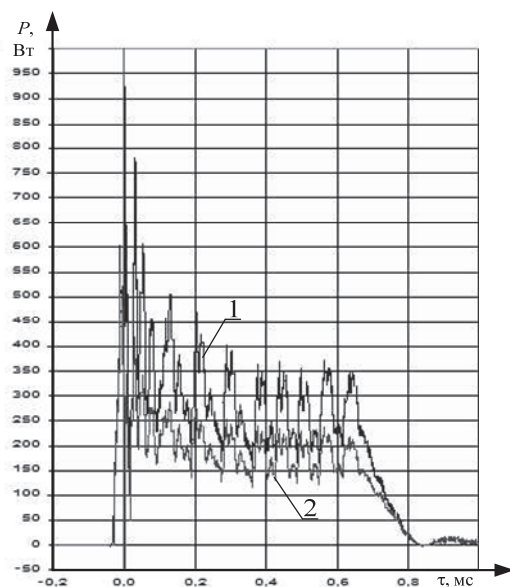


Рис. 5. Зависимости мощности тока от времени в системе зажигания при десятиискровом разряде: 1 – мощность тока на катушке зажигания, Вт; 2 – мощность тока на свече зажигания, Вт

Результаты обработки экспериментальной информации с помощью приведенной методики представлены в табл. 1.

Таблица 1 Энергетические показатели
искрового разряда

	Одно- искровой разряд	Десяти- искровой разряд
Выход энергии с ЭБУ, мДж / %	280 / 100	1120 / 100
Выход энергии с катушки зажигания, мДж / %	75 / 26,7	235 / 21
Энергия, подведенная к электродам свечи, мДж / %	51 / 18,2	155 / 13,8
Длительность искрового разряда, мс	0,2	0,8

Как видно из табл. 1, десятиискровая система зажигания обеспечивает больший в 4 раза выход энергии с ЭБУ, чем одноискровая, при этом выход энергии с катушки зажигания больший в 3,1 раза.

Десятиискровая система зажигания передаёт на электроды свечи в 3 раза большую энергию искрового разряда, по сравнению с одноискровой, и делает это в течение в 4 раза большего промежутка времени. Это значительно увеличивает надёжность воспламенения смеси.

Эффективность передачи энергии от ЭБУ к электродам свечи при одноискровой системе составляет 18,2 %, а при десятиискровой – 13,8 %, что на 24 % менее эффективно. Длительные испытания системы зажигания на холодном неработающем ДВС (непрерывная работа в течение 4 часов) показали, что снижение эффективности передачи энергии вызвано ростом тепловых потерь в ЭБУ при увеличении времени и энергии разряда.

Данное обстоятельство, в свою очередь, приводит к тому, что ЭБУ нагревается гораздо сильнее при работе в многоискровом режиме, чем в одноискровом. Таким образом, при проектировании серийного образца многоискровой системы зажигания на основе серийных узлов одноискровых систем необходимо учесть это обстоятельство – в частности, обеспечить усиленный теплоотвод от ЭБУ.

Выводы

Сравнительный анализ эффективности работы одноискровой и десятиискровой систем зажигания показал, что:

– десятиискровая система зажигания обеспечивает в 3 раза большую энергию искрового разряда при сохранении уровня его мощности, при этом длительность десятиискрового разряда в 4 раза больше, чем длительность одноискрового;

– десятиискровая система зажигания обладает на 24 % меньшей эффективностью передачи энергии, вызванной тепловыми потерями в ЭБУ при увеличении длительности и энергии разряда. Данный узел многоискровой системы зажигания требует более мощных механизмов отвода теплоты в сравнении с одноискровым ЭБУ.

Литература

1. Lepley J. A New Technology Electronic Ignition Which Eliminates the Limitations of Traditional Ignition Systems / J. Lepley et al.: proceedings of CIMAC 2010. – Frankfurt, Germany: CIMAC, 2010. – 173 p.
2. Meyer G. Modeling of Modulated Capacity Discharge Ignition Systems / G. Meyer et al.: proceedings of Dessauer Gasmotoren Konferenz, May 21-22, 2013. – Dessau, Germany: Dessauer Gasmotoren Konferenz, 2013. – P. 253–265.
3. Зельдович Я.Б. К теории искрового воспламенения газовых взрывчатых смесей / Я.Б. Зельдович, Н.Н. Симонов // Журнал физической химии. – 1949. – Т. XXIII, № 11. – С. 1361–1374.
4. Беспалов В.Е. Блок электронного зажигания / В.Е. Беспалов // Радио. – 1987. – №1. – С. 25–30.

Рецензент: А.Н. Врублевский, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 3 февраля 2014 г.