

А. И. Нефедьев¹, Г. И. Шаронов², В. Г. Шаронова²

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫХ
И КОНДЕНСАТОРНО-ТИРИСТОРНЫХ МОДУЛЕЙ ЗАЖИГАНИЯ
ПРИ РАБОТЕ С ГАЗОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

¹ Волгоградский государственный технический университет

² Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

nefediev@rambler.ru

Автор, ответственный за переписку: Алексей Иванович Нефедьев, nefediev@rambler.ru

Статья посвящена сравнительным испытаниям транзисторных и конденсаторно-тиристорных модулей зажигания при работе с газовым двигателем под управлением микропроцессорной системы управления М20. Приведены обобщенные структурные схемы транзисторного и конденсаторно-тиристорного модулей зажигания. Проведено исследование токовременных параметров первичной и вторичной цепей катушки зажигания и их влияния на показатели работы ДВС. Показано, что лучшие параметры искрового разряда достигаются при использовании конденсаторно-тиристорных модулей зажигания в качестве окончательного каскада микропроцессорной системы управления двигателем.

Ключевые слова: искровой разряд, конденсаторно-тиристорный модуль зажигания, транзисторный модуль зажигания, катушка зажигания

A. I. Nefed'ev¹, G. I. Sharonov², V. G. Sharonova²

**COMPARATIVE TESTS OF TRANSISTOR AND CAPACITOR-THYRISTOR
IGNITION MODULES WHEN OPERATING WITH A GAS ENGINE**

¹ Volgograd State Technical University

² Penza State University of Architecture and Construction

This article is devoted to comparative tests of transistor and capacitor-thyristor ignition modules when working with a gas engine under the control of the M20 microprocessor control system. Generalized block diagrams of transistor and capacitor-thyristor ignition modules are presented. A study was carried out of the current parameters of the primary and secondary circuits of the ignition coil and their influence on the performance of the internal combustion engine. It has been shown that the best spark discharge parameters are achieved when using capacitor-thyristor ignition modules as the final stage of a microprocessor engine control system.

Keywords: spark discharge, capacitor-thyristor ignition module, transistoric ignition module, ignition coil

Введение

В настоящее время увеличивается количество автомобилей с двигателями внутреннего

сгорания (ДВС), работающих на метане. Наряду с достоинствами такого топлива имеется и существенный недостаток – большой уровень

выбросов несгоревших углеводородов (СН) из-за невысокой скорости горения метановоздушной смеси. Вторым недостатком ДВС, работающего на метане, является высокое давление в цилиндрах. Для обеспечения бесперебойного искрообразования необходима система зажигания, обеспечивающая искровой разряд повышенной мощности и пробой межэлектродного искрового промежутка 0,6–0,7 мм в свече зажигания. Классическая транзисторная система зажигания обеспечивает бесперебойное искрообразование только при искровом промежутке в свече зажигания не более 0,3 мм, при этом

мощность искрового разряда является недостаточной для полного сгорания метановоздушной смеси. Для замены транзисторной системы зажигания были разработаны конденсаторно-тиристорные модули зажигания, обладающие высокой мощностью и длительностью искрового разряда [1, 2].

Модули зажигания

Структурные схемы транзисторного модуля зажигания (ТрМЗ) и конденсаторно-тиристорного модуля зажигания (КТМЗ) приведены на рис. 1 и 2 соответственно [3–7].

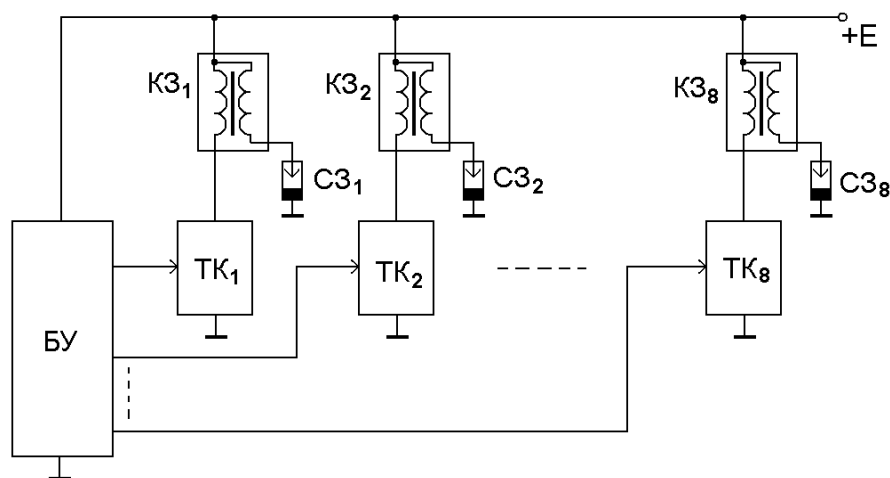


Рис. 1. Транзисторный модуль зажигания (ТрМЗ):

БУ – блок управления, ТК – транзисторный коммутатор, КЗ – катушка зажигания, СЗ – свеча зажигания, Г – генератор постоянного напряжения, К – тиристорный коммутатор

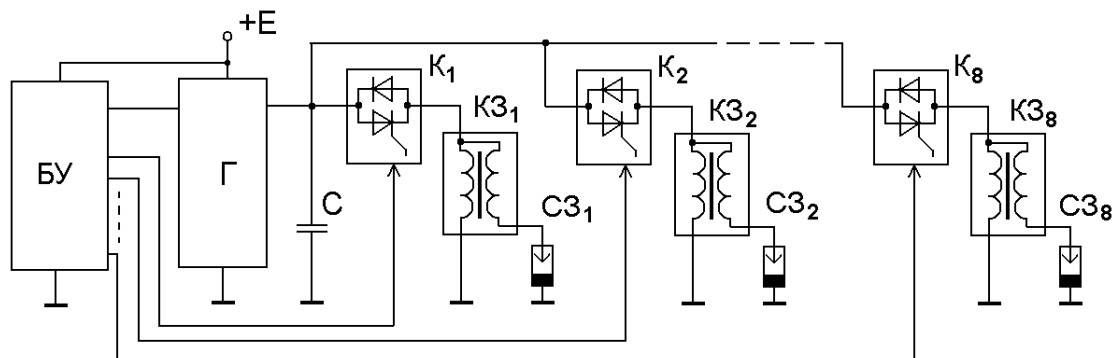


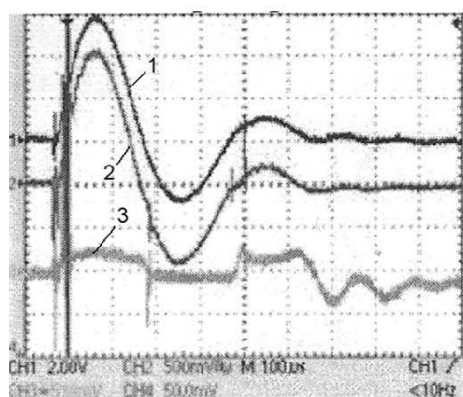
Рис. 2. Конденсаторно-тиристорный модуль зажигания (КТМЗ)

Моторные испытания

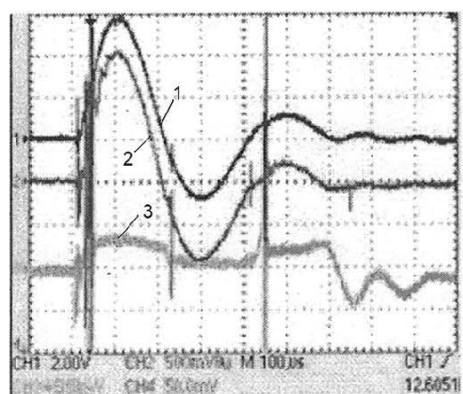
График тока первичной цепи катушки зажигания, а также графики тока и напряжения вторичной цепи, формируемые оконечными каскадами микропроцессорной системы управления двигателем (МСУД) на базе КТМЗ и ТрМЗ, показаны на рис. 3 и 4.

На рис. 3 приведены графики токов первичной (1) и вторичной (2) обмоток индивидуаль-

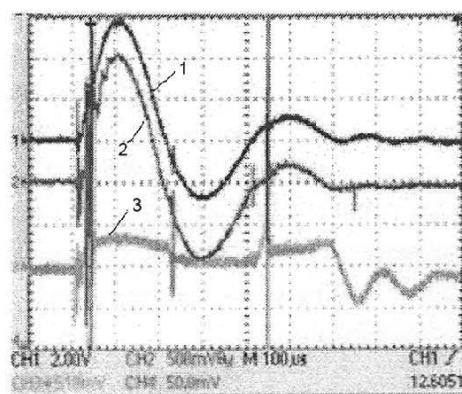
ной катушки зажигания типа 27.3705 и напряжения на свече зажигания (3) при работе с газовым двигателем КамАЗ под управлением МСУД «М20» с модулем зажигания КТМЗ в качестве оконечного каскада при частотах вращения коленчатого вала (n), равных 800 об/мин на холостом ходу (рис. 3, а), 1500 об/мин при нагрузке 10 % (рис. 3, б) и 100 % (рис. 3, в), и 2200 об/мин при нагрузке 10 % (рис. 3, г) и 100 % (рис. 3, д).



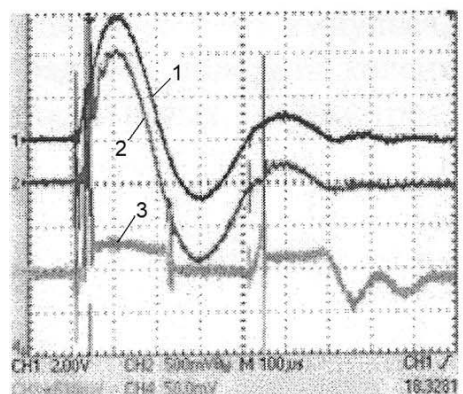
а



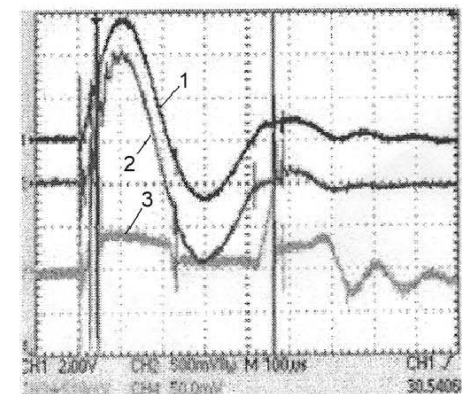
б



в



г



д

Рис. 3. Графики токов первичной (1) и вторичной (2) обмоток индивидуальной катушки зажигания типа 27.3705 и напряжения на свече зажигания (3) при работе с КТМЗ со свечой зажигания BRISK SILVER с межэлектродным зазором 0,7 мм

На рис. 4 приведены графики напряжения вторичной обмотки индивидуальной катушки зажигания типа 27.3705 при работе с газовым двигателем КамАЗ под управлением МСУД «М20» с модулем зажигания ТрМЗ в качестве оконечного каскада при частотах вращения коленчатого вала (n), равных 800 об/мин на холостом ходу (рис. 3, а), 1500 об/мин при нагрузке 10 % (рис. 3, б) и 100 % (рис. 3, в), и 2200 об/мин при нагрузке 10 % (рис. 3, г) и 100 % (рис. 3, д).

При анализе полученных зависимостей было установлено, что на скорость распространения фронта пламени, продолжительность сгорания и соответственно на крутящий момент, расход топлива и выбросы вредных веществ с отработавшими газами параметры искрового разряда оказывают существенное влияние.

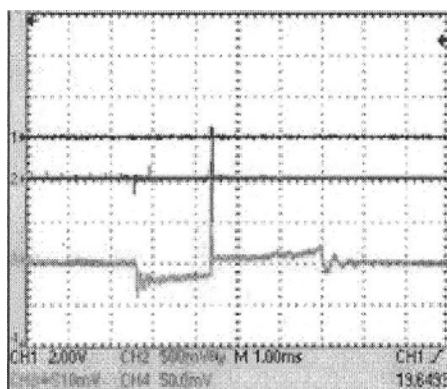
Испытания ДВС с использованием в качестве оконечного каскада МСУД ТрМЗ, формирующего длительный слаботочный (не более 80 мА)

инициирующий разряд, показали меньшую скорость распространения фронта пламени, увеличение продолжительности сгорания смеси при соответственно меньших температурах и давлении в цилиндре по сравнению с КТМЗ, на что указывают меньшие выбросы NOx и CH при более высокой температуре выхлопных газов. Уменьшение выбросов CH объясняется увеличенной на 40 °С температурой выхлопных газов.

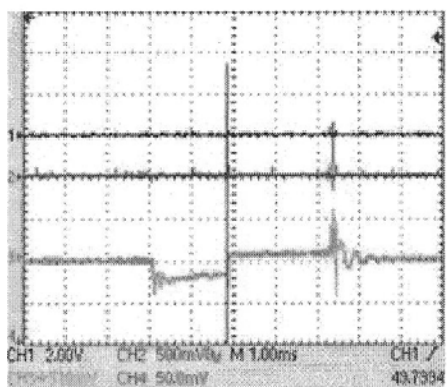
Применение КТМЗ в качестве окончательного каскада МСУД «М20» позволило по сравнению с штатным ТрМЗ уменьшить удельный и часо-

вой расходы топлива на 7–9 % во всем диапазоне нагрузок ДВС при частоте вращения коленвала 1500 и 2200 об/мин, что указывает на увеличение скорости распространения фронта пламени, снижение продолжительности сгорания газовойоздушной смеси и соответственно увеличение крутящего момента.

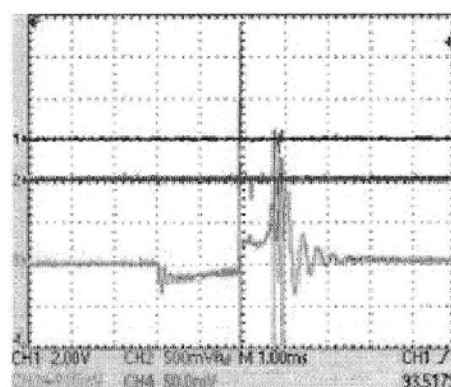
Так, на режимах нагрузок до 30 % при $n = 1500$ об/мин минимальное значение расхода топлива получено при испытании ДВС с окончательным каскадом МСУД КТМЗ (межэлектродный зазор в свече зажигания 0,7 мм).



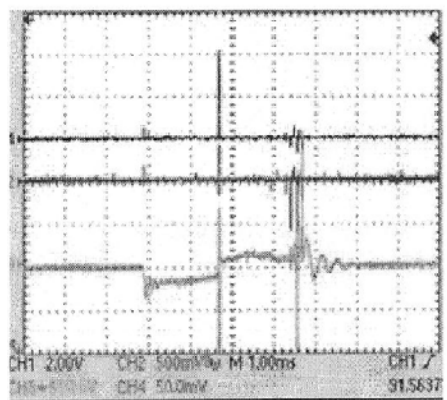
а



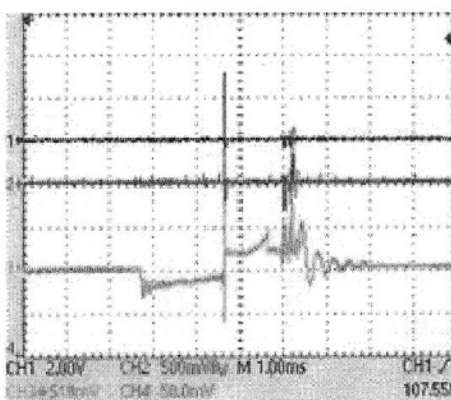
б



в



г



д

Рис. 4. Графики напряжения вторичной обмотки катушки зажигания типа 27.3705 при работе с штатным ТрМЗ в составе МСУД «М20» со свечой зажигания BRISK SILVER с межэлектродным зазором 0,3 мм

Причем увеличенный до 1,0 мм межэлектродный зазор не обеспечивает уменьшения расхода топлива на данном режиме. При $n = 2200$ об/мин во всем диапазоне нагрузок минимальный расход топлива ДВС зафиксирован с окончательным каскадом МСУД на базе КТМЗ (межэлектродный зазор 1,0 мм). На режимах нагрузок до 15 % при $n = 1500$ об/мин и 2200 об/мин с окончательным каскадом МСУД КТМЗ (межэлектродный зазор 1,0 мм) увеличенные выбросы NOx свидетельствуют о повышении температуры в цилиндре. Повышение температуры, в соответствии с законом Аррениуса [8], разгоняет скорость химических реакций, что увеличивает скорость распространения фронта пламени и уменьшает продолжительность сгорания. Перерасход топлива при уменьшении продолжительности сгорания смеси объясняется неоптимальным углом опережения зажигания (УОЗ). Известно, что с сокращением продолжительности сгорания смеси УОЗ необходимо уменьшать [9].

В диапазоне нагрузок 15–75 % при $n = 1500$ об/мин применение КТМЗ в качестве окончательного каскада МСУД позволило увеличить температуру в цилиндре, на что указывают повышенные (по сравнению с другими модулями) выбросы NOx и пониженные выбросы CH, что свидетельствует об увеличении скорости распространения фронта пламени.

На режиме нагрузок свыше 75 % при $n = 1500$ об/мин наибольшие выбросы NOx соответствуют испытаниям с окончательными каскадами МСУД КТМЗ с межэлектродным зазором 0,7 мм. Наличие первой более сильноточной индуктивной фазы и увеличение до 0,4 мс (два полупериода) длительности второй фазы разряда позволило существенно повысить скорость распространения фронта пламени [4].

КТМЗ по сравнению с ТрМЗ вследствие большей удельной энергии (амплитудное значение индуктивных фаз разряда практически не зависит от частоты вращения и нагрузки ДВС) в увеличенном межэлектродном зазоре свечи позволяет улучшить экологические и экономические параметры.

Применение КТМЗ с межэлектродным зазором 1,0 мм в качестве окончательного каскада МСУД позволило увеличить скорость распространения фронта пламени при соответственном повышении температуры в цилиндре, что показывают увеличенные выбросы NOx и пониженные выбросы CH [3].

Повышение межэлектродного зазора приводит к увеличению энергии и компенсирует уменьшение длительности разряда КТМЗ, то есть за счет увеличения (при неизменном значении величины тока) падения напряжения в искровом промежутке свечи зажигания.

При межэлектродном зазоре свечей зажигания 0,7 мм увеличение выбросов NOx, уменьшение расхода топлива и выбросов CH обеспечивает преимущественно окончательный каскад МСУД на базе КТМЗ.

Выводы

На режиме XX малых нагрузок при $n = 2200$ об/мин и больших нагрузок при $n = 1500$ об/мин формирование начальной сильноточной фазы и следующей за ней слаботочной индуктивной фазы разряда длительностью 0,4 мс позволяет поджечь в увеличенном межэлектродном зазоре существенно больший объем смеси в начальный момент времени, и тем самым обеспечить эффективное поддержание во времени процесса распространения фронта пламени.

При $n = 1500$ об/мин на средних нагрузках формирование (после первой фазы) второй сильноточной двухполупериодной индуктивной фазы разряда обеспечивает наибольший эффект. Объяснить это можно тем, что по мере отдаления фронта пламени от искрового канала (первая фаза с увеличенной амплитудой тока до 275 мА, и вторая двухполупериодная сильноточная фаза) поддерживается передача повышенного значения тепловой энергии дуговых фаз разряда еще незажженной смеси.

При $n = 2200$ об/мин на средних нагрузках применение КТМЗ показало ухудшение процесса воспламенения смеси, связанное с негативным влиянием повышенной турбулентности на процесс воспламенения в увеличенном до 1,0 мм межэлектродном зазоре.

При $n = 2200$ об/мин на нагрузках близких к максимальным, различия в зазорах свечей зажигания не оказывают существенного влияния на процесс поджога и развития процесса горения смеси. Преимущество КТМЗ над ТрМЗ обеспечивается формированием индуктивных фаз разряда с повышенной удельной энергией в увеличенном зазоре свечей зажигания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Влияние форсированных токовых параметров искрового инициирующего разряда на показатели газодвигателя / Г. И. Шаронов, С. М. Францев, В. И. Видулов, Э. Р. Домке // Вестник Московского автомобильно-

дорожного института (государственного технического университета). – 2009. – № 4(19). – С. 30–34.

2. Шаронов, Г. И. Интенсификация токовременных параметров искрового инициирующего разряда газового двигателя / Г. И. Шаронов, С. М. Францев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2008. – № 2(6). – С. 128–135.

3. Транзисторные и тиристорные модули зажигания со встроенными средствами исследования / Г. И. Шаронов, В. В. Лянденбургский, И. В. Нефедов, В. А. Шилин // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – № 2(45). – С. 40–480.

4. Трясогузов, А. Г. Конденсаторно-тиристорные модули зажигания для ДВС / А. Г. Трясогузов, Г. И. Шаронов, А. И. Нефедьев // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: эксплуатация и развитие автомобильного транспорта : матер. XII междунар. заочн. науч.-техн. конф. (г. Пенза, 15 апр. 2016 г.) / под общ. ред. Э. Р. Домке ; ФГБОУ ВО «Пензенский гос. ун-т архитектуры и строительства», Автомобильно-дорожный ин-т. – Пенза, 2016. – С. 185–192.

5. Шаронов, Г. И. Конденсаторные модули зажигания для двигателей внутреннего сгорания: монография /

Г. И. Шаронов, А. И. Нефедьев, Л. А. Симонова; Казанский федеральный ун-т, Набережночелнинский ин-т. – Казань: монография, 2016. – 138 с.

6. Шаронов, Г. И. Конденсаторная система зажигания в качестве оконечного каскада электронной системы управления газового двигателя КамАЗ / Г. И. Шаронов, А. И. Нефедьев, С. М. Францев // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: эксплуатация и развитие автомобильного транспорта: матер. VIII междунар. заоч. науч.-техн. конф. (Пенза, 24 нояб. 2012 г.) / ФГБОУ ВПО «Пензенский гос. ун-т архитектуры и строительства», Автомобильно-дорожный ин-т. – Пенза, 2012. – С. 144–156.

7. Нефедьев, А. И. Преобразователь напряжения для конденсаторно-тиристорного модуля зажигания / А. И. Нефедьев, А. Г. Трясогузов // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2023. – № 2 (43). – 29–32.

8. Основы химической кинетики: Учебное пособие / К. И. Болячевская, А. А. Литманович, Г. Ю. Остаева, А. А. Панасенко, Е. В. Полякова; под ред. И. М. Паписова. – М.: МАДИ (ГТУ), 2007. – 80 с.

9. Ютт, В. Е. Электрооборудование автомобилей / В. Е. Ютт. – 2-е изд. – М.: Транспорт, 1995. – 304 с.