

УДК 621.9
ИМПУЛЬСНО-ПЛАЗМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ МАЛЫХ РАБОЧИХ ОБЪЕМОВ

Н. В. СПИРИДОНОВ

Научный руководитель Г. С. ЛЕНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц.
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Научно-технический прогресс в мире привёл к повышению технического уровня автомобилей, в частности электризацию в автомобильной технике, что способствовало снижению удельного расхода топлива и токсичности отработавших газов, повышению ресурса и надёжности, снижению трудоёмкости технического обслуживания в эксплуатации. Из всех электронных систем электрооборудования наиболее существенно оказывает влияние на повышение технического уровня электронные системы зажигания, которые один из первых стали устанавливаться на автомобили, как стандартное оборудование. Первыми такими системами были контактно-транзисторные системы зажигания. По мере дальнейшего развития автомобилей и двигателей внутреннего сгорания на бензиновом топливе, контактно-транзисторные системы зажигания уже не могли удовлетворять всё возрастающим требованиям к ним, в следствие ограниченных возможностей таких систем. Поэтому перед промышленностью встала задача разработки и внедрения новых электронных бесконтактных и микропроцессорных систем зажигания, способных существенно увеличить энергетические возможности систем зажигания, повысить надёжность и экономичность автомобилей.

Электрические системы зажигания являются ответственной частью бензинового двигателя внутреннего сгорания. Они используются для воспламенения топливовоздушной смеси при запуске и работе бензиновых двигателей внутреннего сгорания и от её эффективного действия зависит надёжность запуска и работа двигателя.

В настоящее время широкое распространение получили ёмкостные системы зажигания с полупроводниковыми свечами, обладающими достоинствами, как большая энергия и мощность разрядных импульсов в свечах, практическая независимость от давления окружающей среды, степени загрязнения свечей, имеют высокую воспламеняющую способность и значительный ресурс работы свечей. Разряд в полупроводниковых свечах ёмкостных систем зажигания может иметь колебательный или апериодический характер. Системы зажигания апериодического заряда обладают повышенной энергетической эффективностью.

Наряду с существующими ёмкостными системами зажигания, в последнее время ведутся разработки плазменных систем, предполагающих использование мощных источников питания.

Следует отметить, что традиционные методы повышения эффективности систем зажигания практически исчерпаны. Актуален поиск новых возможностей совершенствования систем зажигания.

Научный и практический интерес представляет создание новых импульсно-плазменных систем зажигания, сочетающих в себе преимущества ёмкостных и непрерывных плазменных систем.

Моделирование разрядных процессов в системах зажигания осложняется быстротечностью разрядных процессов, наличием в разрядных контурах нелинейных элементов. Известные в настоящее время модели являются достаточно приближёнными, основанными на упрощённом представлении характеристик нелинейных элементов.

В последние годы, в связи с развитием информационных технологий, стали эффективны новые подходы к проектированию и оценке эффективности разрабатываемых систем зажигания на основе компьютерного моделирования. Новые методы позволяют расширить возможности математических моделей, позволяя получить более достоверные результаты, а также учитывать большее количество факторов и переменных.

Таким образом, проведение исследований, направленных на разработку новых систем зажигания, основанных на неиспользуемых возможностях повышения эффективности, внедрение информационных технологий в процесс разработки и исследования систем зажигания и создание достоверных методик оценки их эффективности, в настоящее время продолжает оставаться актуальным.

Разработка и исследование нового класса импульсно-плазменных систем зажигания двигателей внутреннего сгорания выполнялись по этапам.

1. Разработка схмотехнического решения импульсно-плазменной системы зажигания.
2. Исследование разработанного схмотехнического решения и сравнение с базовыми решениями повышения напряжения.
3. Обоснование эффективности импульсно-плазменных систем зажигания на основе результатов моделирования и эксперимента.
4. Экспериментальное подтверждение адекватности разработанных моделей.
5. Разработка новых и совершенствование существующих схмотехнических решений на основе результатов моделирования и выполненных исследований.

Использовались методы математического анализа, численные методы математики, вычислительный эксперимент, имитационное моделирование. Был проведён патентный поиск и анализ существующих импульсно-плазменных систем зажигания и электрических схем повышения напряжения. На основе существующих эффективных схмотехнических решений повышения напряжения была разработана электрическая схема импульсно-плазменной системы зажигания. Моделирование на ЭВМ производилось в

программных средах MathCAD 15, NI Multisim 14, MATLAB 8.6. Оно включало себя сборку, моделирование и оценку работы электрической модели в режиме реального времени в программной среде NI Multisim 14.

Плазма – частично или полностью ионизированный газ, образованный из нейтральных атомов (или молекул) и заряженных частиц (ионов и электронов).

Слово «ионизированный» означает, что от электронных оболочек значительной части атомов или молекул отделён по крайней мере один электрон. Слово «квазинейтральный» означает, что, несмотря на наличие свободных зарядов (электронов и ионов), суммарный электрический заряд плазмы приблизительно равен нулю. Присутствие свободных электрических зарядов делает плазму проводящей средой, что обуславливает её заметно большее (по сравнению с другими агрегатными состояниями вещества) взаимодействие с магнитным и электрическим полями.

Плазма соединяет в себе свойства трех состояний: твердого (металл), жидкого (электролит) и газообразного. От металла она берет высокую электропроводность, от электролита – ионную проводимость, от газа – большую подвижность частиц. И все эти свойства переплетаются так сложно, что плазма оказывается очень трудной для изучения.

По сути, электрический разряд между электродами – это и есть холодная плазма, поэтому «плазменной» можно назвать любую свечу зажигания.

Электрическая прочность газов линейно зависит от давления (Закон Пашена) и существенно – от толщины слоя («отклонения» от закона Пашена); в случае воздуха в нормальных условиях с толщиной слоя 1 см электрическая прочность составляет приблизительно $3 \cdot 10^4$ В/см. Закон Пашена:

пробойное напряжение U зависит только от произведения $p \cdot L$, а не отдельно от давления p и зазора L . Чем меньше скорость частиц, тем меньше температура.

На одноэлектродных свечах боковой электрод перекрывает загорающее топливо и за счет этого смесь сгорает хуже и медленнее. В многоэлектродных факел воспламеняется точно по центру искры и его ничто не прикрывает. В этом случае из-за «открытого» искрового зазора сгорание смеси начинается интенсивней, одноэлектродной свече – фронт пламени одноэлектродной свечи теряет время на выход из межэлектродного пространства.

Многочисленные испытания показали, что тонкий электрод обеспечивают увеличенную мощностью искры, а, следовательно, большое по объему новорожденное ядро пламени. Эффект мощной искры к тому же обладает функцией самоочищения: мощный заряд как бы облизывает кончик электрода, очищая его от нагара.