

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСОВ НА СВЕЧЕ ЗАЖИГАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Н.С. Кюрегян, Д.А. Голенцов (ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова»),
В.С. Фланден (ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»)

В отечественной промышленности отсутствуют разработанные методы и средства диагностики параметров свечей и агрегатов зажигания по электрическим разрядам непосредственно на самих свечах, что препятствует рациональному выбору параметров систем зажигания и оптимизации процессов воспламенения в камерах сгорания [1]. Такая аппаратура в ручном и автоматизированном виде необходима различным НИИ и ОКБ в исследовательских целях при разработках систем зажигания, их контроле и соответствующих испытаниях. Рассмотрены вопросы совершенствования системы диагностики свечей зажигания газотурбинных двигателей (ГТД) по разрядным импульсам в автоматизированном режиме.

Ключевые слова: импульсы на свече зажигания, газотурбинный двигатель, автоматизированная система диагностики при стендовых испытаниях, камера сгорания.

Для обеспечения надежного воспламенения в камерах сгорания при запуске авиационных ГТД требуется диагностика свечей и агрегатов зажигания. Разработанная ранее в ЦИАМ система диагностики предоставляет возможности выбора альтернатив для рационального построения тактики исследований пусковых характеристик, оптимизации этих характеристик, рационального назначения параметров системы зажигания для конкретных камер сгорания, особенностей условий их запуска [2, 3].

Существенную роль в обеспечении воспламенения топливно-воздушной смеси играет форма разрядного импульса, определяемая характерными амплитудами тока и напряжения, частотой и длительностью импульса.

Электрические разрядные импульсы на свечах зажигания используются в качестве воспламеняющего агента в камерах сгорания авиадвигателей при их запусках. В частности, для емкостных систем зажигания они имеют характер повторяющихся импульсов с частотами 2...30 Гц затухающих колебаний с числом полупериодов до 10 ед. или однополярных аperiodических всплесков (рис. 1).

Для различных систем зажигания длительности импульсов могут быть в диапазоне 5...300 мкс, наибольшие в импульсе амплитуды тока — в диапазоне 0,5...3 кА, наибольшие значения напряжения между электродами свечи (или пробивные напряжения свечи) — в диапазоне 0,5...3 кВ. По зарегистрированным осциллограммам тока и напряжения разрядных импульсов определяются первичные параметры [2]:

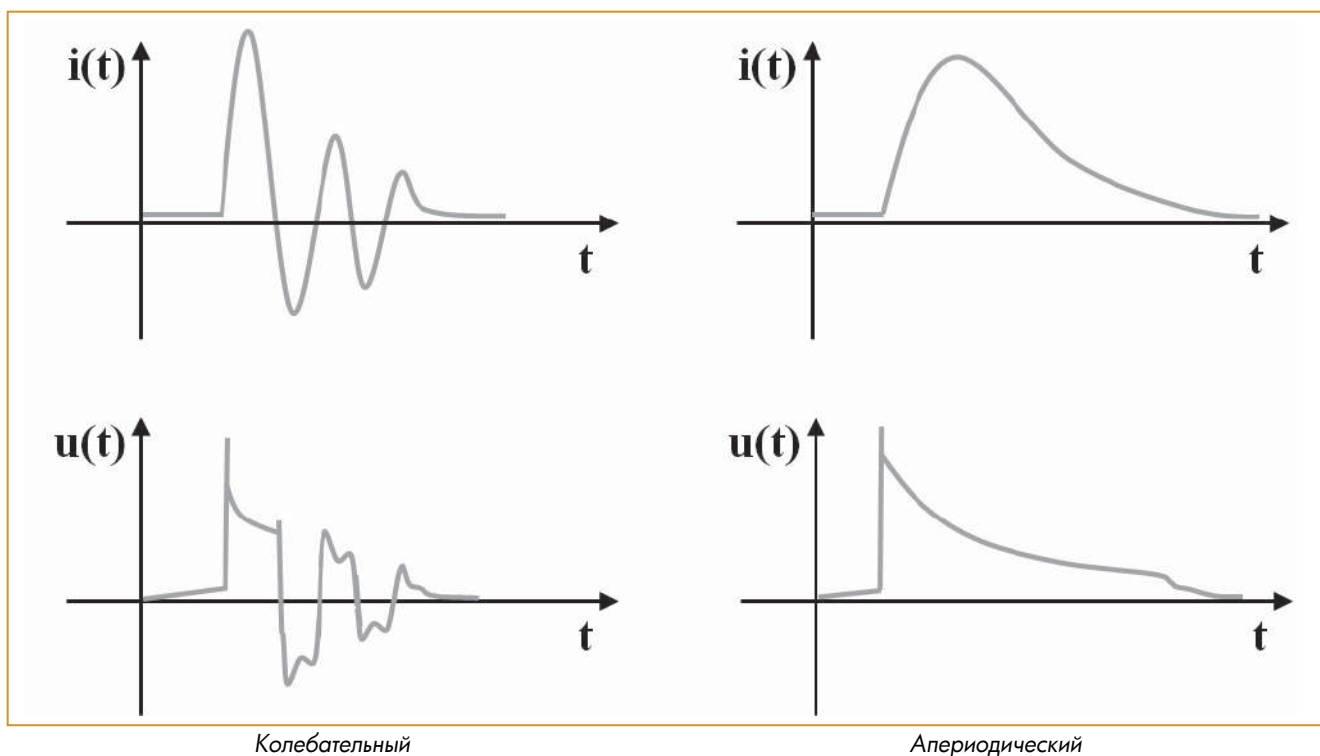


Рис. 1. Законы изменения тока и напряжения в разрядном процессе на свече зажигания

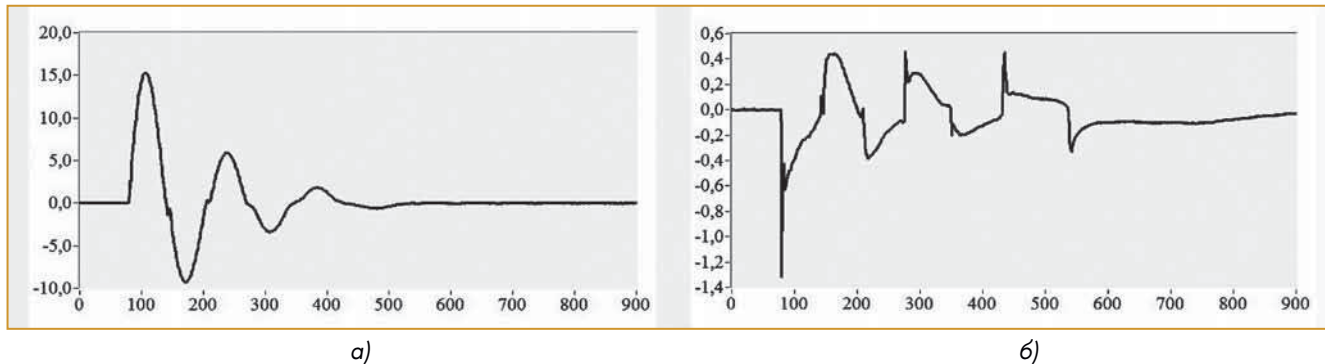


Рис. 2. Примеры зарегистрированных импульсов тока (а) и напряжения (б) в разрядном процессе на свече зажигания

- амплитуды тока $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$;
- амплитуды напряжения $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$;
- временные координаты "нулей" $\tau_n, 2\tau_n, 3\tau_n \dots$
- и «максимумов» $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots$;
- длительность всего импульса τ .

По результатам обработки зарегистрированных данных этих параметров вычисляются комплексные диагностические показатели (критерии) энергетической эффективности разряда, такие как:

- энергия, выделяемая в разряде на свече зажигания;
- эффективное значение тока в течение разряда;
- эквивалентное тепловое сопротивление разряда;
- величина израсходованного заряда накопительного конденсатора в течение разряда и др.

Для регистрации осциллограмм тока и напряжения разрядных импульсов и нахождению по этим осциллограммам комплексных диагностических показателей энергетической эффективности разряда была разработана система диагностики агрегатов и свечей зажигания [2]. Измерительная часть системы состоит из аналоговых датчиков тока и напряжения разряда собственного производства, согласованных нагрузок, аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Зарегистрированные сигналы подаются на персональный компьютер со специализированным программным обеспечением, позволяющим задавать configura-

цию параметров АЦП, наблюдать и сохранять зарегистрированные данные.

Рассмотрим результаты проверки работоспособности системы диагностики в целом на стендовых испытаниях.

Перечисленные параметры и показатели разрядных импульсов определяются, с одной стороны, принятыми схмотехническими решениями (технической конфигурацией) конкретной системы зажигания в целом, а с другой — изменяющимся физическим состоянием потока рабочей среды (горючей смеси) в зоне межэлектродного промежутка свечи зажигания в камере сгорания в процессе запуска двигателя.

Были проведены экспериментальные исследования системы диагностики на вертолетных двигателях, в ходе которых осуществлялась диагностика разрядных импульсов при следующих имитируемых высотно-климатических условиях: высоте полета 0...6,5 км, скорости полета 0...350 км/ч, полной температуре воздуха на входе в двигатель 49...- 60°C, температуре топлива на входе в двигатель 48...- 60°C.

Требовалось:

- оценить возможности непрерывного мониторинга исправного состояния и нормальной работы системы зажигания в процессе запусков; выявить и идентифицировать отказы или нерасчетные режимы работы агрегата и свечи зажигания;

— оценить функциональную пригодность используемой системы диагностики разрядов в качестве универсального инструмента мониторинга работы системы зажигания, совершенство ее структуры и ПО, направлений ее модернизации.

По результатам испытаний аппаратная часть системы показала себя успешно: не оказывала влияния на другие измерительные системы и системы управления; не было сбоев в работе при различных климатических условиях. Примеры зарегистрированных разрядных импульсов представлены на рис. 2.

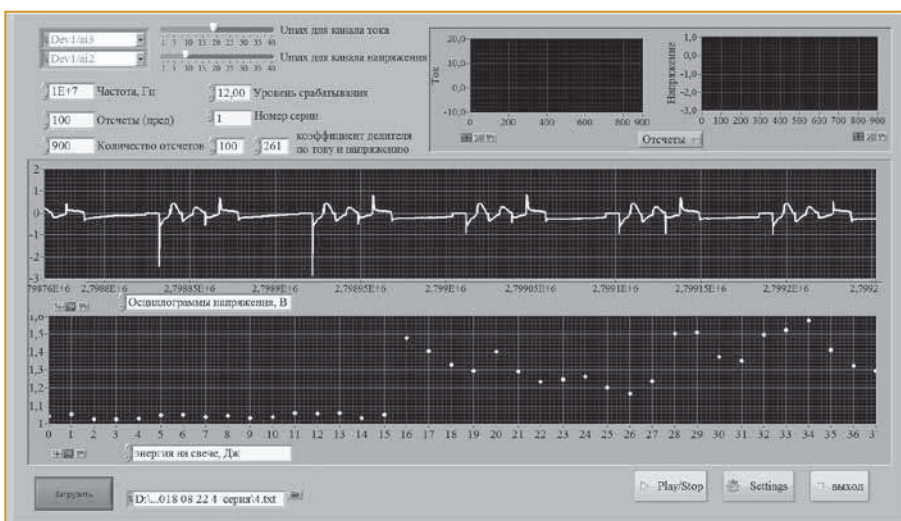


Рис. 3. Интерфейс программы сбора и обработки данных

Программное обеспечение оказалось относительно сложным в использовании для необученного оператора и потребовало большей степени автоматизации.

Таким образом, было разработано и экспериментально опробовано новое программное обеспечение системы диагностики свечей и агрегатов зажигания (интерфейс представлен на рис. 3). Были сохранены все основные возможности предыдущей версии программы сбора и обработки данных. При работе с ПО от оператора требуется только запустить программу нажатием кнопки «Play/Stop» для запуска/остановки регистрации разрядных импульсов и выбрать наиболее интересующий комплексный показатель. В программу заложены начальные параметры системы для успешной работы, специально их теперь устанавливать не требуется. При желании оператор может провести подстройку параметров системы. Также в отличие от предыдущей версии ПО позволяет:

- вычислять первичные параметры;
- рассчитывать не только энергию, но и другие комплексные диагностические показатели эффективности разряда;
- наблюдать в ходе эксперимента интересующие оператора комплексные критерии;
- использовать как относительное, так и глобальное время, привязанное к моменту включения системы зажигания и ее разрядных импульсов.

Число одновременно наблюдаемых величин ограничено только размерами монитора.

В ходе выполнения работ были изменены:

- алгоритмы сохранения данных в файл, предоставляющий защиту от потери данных при аварийных ситуациях;
- структура файла с сохраненными данными для совместимости с другими широко распространенными программными продуктами.

По итогам экспериментальных исследований импульсов на свече зажигания ГТД с помощью автоматизированной системы диагностики при стендовых испытаниях были получены следующие результаты:

Современные ученые не требуют чудес: они требуют экспериментов.

Лев Карсавин

— система диагностики стала более автоматизированной и информативной за счет нового ПО;

— система отслеживает изменение комплексных диагностических параметров энергетической эффективности разряда при различных штатных и нештатных режимах системы зажигания в целом и при изменении климатических условий;

— полученные зависимости хорошо согласуются с лабораторными исследованиями.

Диагностическая система подтвердила свои автономность, универсальность и мобильность при использовании на стендах и возможности непрерывного мониторинга исправного состояния и нормальной работы системы зажигания в процессе запусков, выявления и идентификации отказов или нерасчетных режимов работы агрегата и свечи зажигания. Разработанная система будет полезна различным НИИ и ОКБ в исследовательских целях при разработках систем зажигания, их контроле и соответствующих испытаниях.

Список литературы

1. Кюрегян Н.С., Голенцов Д.А., Фланден В.С. Особенности регистрации сигналов и обработки данных при диагностике параметров разряда свечей зажигания газотурбинных двигателей // Автоматизация в промышленности. 2015. №10. С.36-38.
2. Кюрегян Н.С., Голенцов Д.А. и др. Диагностика разрядов на свечах зажигания авиационных газотурбинных двигателей // Мир измерений. 2011. №12. С.21-25.
3. Кюрегян Н.С., Голенцов Д.А. и др. Метод и средства измерения параметров разряда свечей зажигания газотурбинных двигателей // Материалы научно-практического семинара «Проблемы авиационного двигателестроения». ЦИАМ. 2015.

Кюрегян Никита Сергеевич — начальник сектора,

Голенцов Дмитрий Анатольевич — канд. физ.-мат. наук, начальник сектора,

Фланден Вячеслав Сергеевич — ассистент кафедры основ радиотехники ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ».

Контактный телефон (495) 362-00-65.

E-mail: golentsov@ciam.ru

В промышленной группе Метран открыто производство соленоидных клапанов и фильтров-регуляторов ASCO™

Промышленная группа «Метран» открыла первое в России производство продукции ASCO. Первыми продуктами нового производства станут соленоидные клапаны серии 327 и фильтры-регуляторы серии 342.

Соленоидные клапаны серии 327 и фильтры-регуляторы серии 342 чаще всего применяются для управления пневматическими приводами отсечной

арматуры. Оба продукта будут выпускаются во взрывозащищенном исполнении Exd IIC, а также могут работать как при сверхнизких (-60°C), так и сверхвысоких (90°C) температурах. Таким образом, они идеально подходят для работы в тяжелых условиях российской промышленности, а именно в отраслях нефте- и газопереработки, нефтехимии и минеральных удобрений.

[Http://www.emerson.com](http://www.emerson.com)