

Революционная технология

от компании Altronic LLC

Кейт С. Брукс – компания Altronic LLC

In brief

A Revolution in Ignition Technology from Altronic LLC.

The Directed Energy Ignition System.

Altronic LLC began life in the mid 1950s as the Economy Engine Company.

It was actively developing industrial ignition, taking

advantage of the practicality and cost

effectiveness of the solid state transistor to replace

old breaker point magneto technology, thus

establishing itself as a major player in the

industry. Modularity, ease of timing and troubleshoot-

ing made its solid state mechanical ignition

technology the standard from single to 32 output

units. The next leap in technology came with the

introduction of digital electronic systems that

eliminated all moving parts, provided basic diag-

nostics, with a single unit.

Система зажигания управляемой энергии

Компания Altronic LLC была образована в середине 1950-х годов в г. Йонгстаун (США, штат Огайо) как Economy Engine Company. К середине 60-х гг. компания активно развивала промышленные системы зажигания, выгодно используя практичность и ценовые преимущества полупроводниковых транзисторов, пришедших на смену устаревшей технологии на основе магнитоэлектрических генераторов, завоевав, таким образом, репутацию лидера и новатора среди производителей стационарных газовых двигателей с искровым зажиганием. Благодаря модульной конструкции, а также простоте управления моментом зажигания и поиска неисправностей, технология построения транзисторных механических систем зажигания от компании Altronic LLC была признана эталоном для систем от 1 до 32 выходных цепей, подтверждая значительный шаг вперед в повышении надежности и производительности систем зажигания.

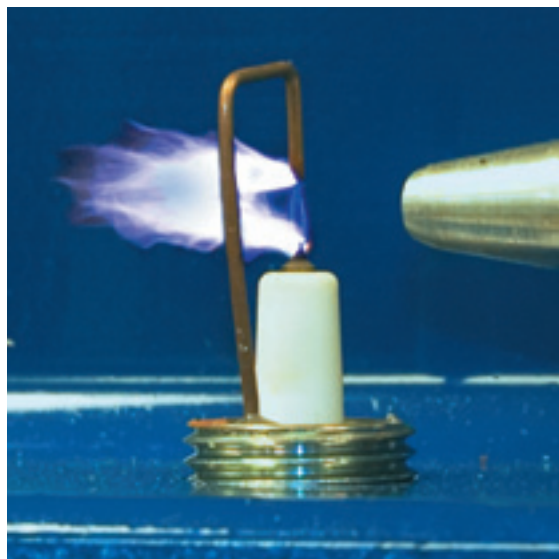
Следующий прорыв в технологии связан с началом применения цифровых электронных систем, не имеющих подвижных элементов, которые включали основные средства диагностики и позволяли унифицировать элементы системы зажигания. За этим последовали позиционные микропроцессорные системы, обеспечившие непревзойденную гибкость и производительность.

В середине 1990-х годов компания Altronic снова улучшила технологию, впервые применив расширенную диагностику и прогнозирование. Оператор получил возможность судить о потребностях напряжения во вторичных цепях по состоянию первичных цепей без использования дополнительных датчиков или обмоток. Это позволило не только идентифицировать проблемы во вторичных цепях и локализовать цилиндр, где они возникли, но и вести постоянный мониторинг состояния и износа свечей зажигания при нормальной эксплуатации и получать гибкое оповещение о приближении их максимального износа.

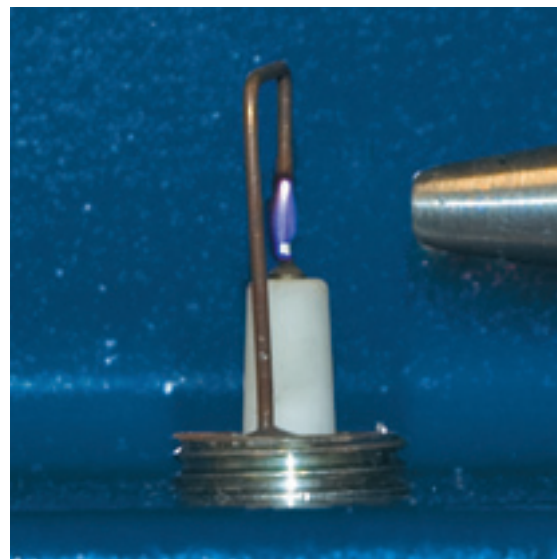
Постоянно развивая и улучшая продукцию, компания Altronic завоевала и укрепила позицию лидера в производстве промышленных систем зажигания, а продукция компании стала широко применяться во всем мире. И с каждым новым улучшением неизменно вставал вопрос, что следующее? Ответ на этот вопрос снова готов и вскоре будет представлен на рынке.

Компания Altronic сделала очередной значительный шаг в развитии технологии: создала систему зажигания управляемой энергии – DEIS (Directed Energy Ignition System). Новая система позволяет преодолеть столь долго допускавшиеся ограничения в конструкции и элементной базе, открывая новые перспективы. Это может показаться удивительным,

➤ Искровой разряд системы зажигания управляемой энергии (DEIS) в условиях турбулентности в камере сгорания



➤ Искровой разряд обычной системы зажигания



но качественный скачок был сделан не благодаря применению новой технологии — вся новизна заключается в понимании того, как использовать существующие технологии в другом качестве для достижения оптимальных результатов, которые в течение длительного времени представлялись невозможными. Новая система появилась именно тогда, когда промышленность нуждалась в такой технологии.

Сегодня существует общепринятое мнение, что основные ограничения в улучшение тепловой эффективности газового двигателя, увеличение производительности и снижение содержания токсичных веществ в выхлопных газах вносит свеча зажигания. Несмотря на улучшения конструкции свечей зажигания, основная концепция не изменилась с момента их изобретения, и, вполне вероятно, дальнейшие изменения будут лишь незначительными. Поэтому разработчики двигателей проявляют значительный интерес к новой системе, благодаря которой двигатель с искровым зажиганием без применения свечей зажигания становится реальностью. Исследования последних 10-15 лет вызвали значительный интерес к лазерным системам зажигания. Однако сегодня на рынке не представлена ни одна из таких систем, и применение концепции по-прежнему ограничено стоимостью и прочностными характеристиками и возможностями опто-волоконной технологии, хотя работы в этом направлении продолжаются.

В течение двух последних десятилетий по мере повышения тепловой эффективности газовых двигателей с искровым зажиганием, увеличения давления наддува и степени сжатия (с одновременным снижением содержания токсичных веществ в выхлопных газах) обычные системы зажигания также подверглись изменениям, чтобы соответствовать возросшим потребностям напряжения во вторичных цепях. Это и возросший и регулируемый уровень запасаемой энергии первичных цепей для увеличения напряжения во вторичной цепи; и изменение конструкции катушек зажигания для надежного пробоя искрового промежутка и увеличения продолжительности разряда; и увеличение диэлектрического сопротивления вторичной цепи, способного выдерживать возросшее напряжение; и увеличенное время разряда конденсатора, позволяющего добиться нужной продолжительности искрового разряда. И хотя такие стратегические изменения повысили возможности и улучшили выходные характеристики систем зажигания, все они сохраняют те же физические ограничения, которые присущи любой системе зажигания.

Прежде всего, выходное напряжение любой системы зажигания определяется конструк-

цией катушек. Всегда считался общепризнанным факт, что выходное напряжение катушки ограничено величиной напряжения в первичной цепи, поскольку оно возрастает пропорционально соотношению количества витков первичной и вторичной обмоток.

К сожалению, передача дополнительной энергии в первичную обмотку импульсом возбуждения большей длительности не увеличивает напряжение во вторичной цепи. Важность этого вывода для конструкторов двигателей состоит в том, что для достижения более высокого напряжения во вторичной цепи потребуется применение катушек больших физических размеров с большим количеством витков. Пробой искрового промежутка большим напряжением потребует большего количества витков, увеличения размеров катушки, индуктивности и ее стоимости.

Другим физическим ограничением является ток во вторичной обмотке катушки. Большая сила тока в искровом промежутке означает перенос большей энергии к топливовоздушной смеси за время искрового разряда. Кроме того, увеличенный ток во вторичной цепи образует более мощный искровой канал, устойчивый к подавлению за время разряда. Увеличение силы тока во вторичной цепи наилучшим образом достигается уменьшением сопротивления вторичной обмотки, чего можно добиться путем сокращения количества витков или увеличения диаметра провода. Увеличение силы тока за счет уменьшения числа витков и увеличение числа витков для повышения выходного напряжения приводит к противоречию, поэтому единственно возможным решением, применяемым на практике, является увеличение диаметра провода вторичной обмотки. К сожалению, это приводит к увеличению физических размеров и стоимости. Более того, поскольку магнитное взаимодействие обмоток уменьшается с увеличением расстояния от сердечника, максимальный ток типичной катушки в значительной степени ограничен. Потребности повышения напряжения и увеличения силы тока противоречат друг другу. При увеличении числа витков вторичной обмотки (напряжение) возрастает сопротивление, в то время как для повышения силы тока сопротивление обмотки нужно уменьшать.

Наконец, наиболее критичной зачастую является длительность разряда. Многие двигатели не могут достичь оптимальной производительности, если система зажигания не обеспечивает искровой разряд достаточной длительности, позволяющий сформировать многочисленные начальные точки воспламенения для каждого искрового разряда. К боль-

шому сожалению, продолжительность искрового разряда уменьшается как с повышением потребностей напряжения пробоя, так и с увеличением силы тока во вторичной цепи для данной конструкции катушки зажигания. Ключевым параметром, влияющим на продолжительность разряда, является индуктивность вторичной обмотки, которая, в свою очередь, требует увеличения числа витков, физических размеров и стоимости катушки.

Поэтому любая конструкция катушки зажигания представляет собой компромисс между стоимостью и физическими размерами, минимальным напряжением и током во вторичной цепи и достаточной продолжительностью искрового разряда.

Хотя катушки зажигания имеют различную конструкцию, любая отдельная катушка постоянна в своей физической конфигурации, т.е. количество витков и соотношение числа витков неизменно, поэтому и индуктивность катушки неизменна. Как результат, и максимальное напряжение, и ток вторичной цепи, и максимальная продолжительность искрового разряда обусловлены и ограничены физическими размерами и конструкцией катушки зажигания. Повышение запасенного напряжения первичной цепи увеличивает напряжение во вторичной цепи, но только до известных пределов, ограниченных соотношением числа витков первичной и вторичной обмоток. Поэтому возможности любой системы зажигания продиктованы конструкцией катушек зажигания и их предельными характеристиками.

Технологический прорыв

Возможность преодоления конструктивного барьера первоначально казалась сомнительной. Поскольку изменить физические параметры любой катушки зажигания в процессе эксплуатации невозможно, была поставлена задача расширить существующие технологии и по-другому взглянуть на построение искровых систем зажигания. Детальный обзор известных

технологий и нестандартный подход позволили сконструировать принципиально иную систему зажигания – DEIS. Этот новый подход, вполне вероятно, изменит всю систему взглядов на построение искровых систем зажигания.

Существенно изменился способ возбуждения катушек зажигания. Поскольку катушки являются трансформаторами, то они реагируют на сигналы как переменного, так и постоянного тока. Использование энергии переменного тока для возбуждения катушек зажигания – способ совсем не новый, но он имеет так много ограничений, что редко используется за пределами лабораторий.

Стандартным является возбуждение катушек энергией постоянного тока, и всегда считалось, что чем выше энергия возбуждения, тем выше выходное напряжение на катушке зажигания. Сейчас известно, что это не так. Несмотря на то что идея кажется лишённой здравого смысла, возбуждение катушек пульсирующим постоянным током передает больше энергии на один разряд, чем при возбуждении катушки одним импульсом большей длительности.

Инженеры, знакомые с теорией и конструкцией систем зажигания, могут прийти к выводу, что DEIS – просто резонансная система. Концепция резонанса понятна и применялась ранее при построении систем зажигания. Однако высокочастотные резонансные контуры имеют много недостатков и поэтому непрактичны.

Крупнейшим препятствием в применении резонансных характеристик к любой физической задаче является требование к источнику резонансной энергии возбуждать исполнительную цепь с частотой, близкой к частоте собственных колебаний, чтобы добиться эффективной работы. Собственная частота катушек зажигания изменяется в широких пределах между состоянием обрыва и короткого замыкания, поскольку изменяется вносимое полное сопротивление вторичной обмотки катушки. Поэтому работать с действительно резонансными цепями зажигания очень трудно.

Согласно новейшей теории, не требуется настройка источника энергии на собственную частоту контура или одну из ее гармоник; он использует общий метод амплитудного умножения, который может быть назван «электрический резонанс» или «гармония», поскольку официального определения пока не существует. Все сигналы поступают согласованными по фазе, но необязательно с собственной или близкой к ней частотой колебаний. Более того, необязательно, чтобы импульсы поступали в форме гармонических колебаний. Необходимо отметить, что концепция электрического резо-

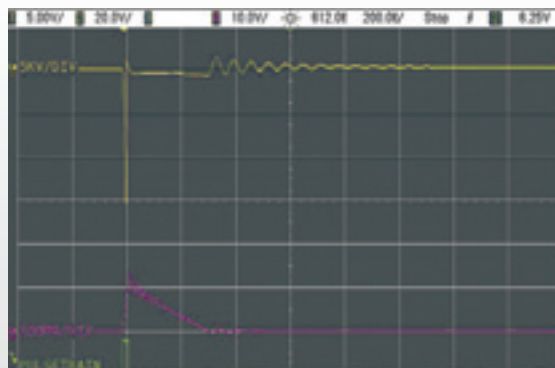


Рис. 1.
Искровой разряд обычной системы зажигания

нанса не ограничена частным случаем, но может применяться в различных областях.

На *рис. 1* изображен искровой разряд обычной конденсаторной системы зажигания. На графике показаны суммарное напряжение на вторичной обмотке, ток во вторичной цепи и управляющий импульс, который активирует выходной коммутатор в первичной цепи. Напряжение во вторичной цепи возрастает (увеличивается отрицательное значение) до момента ионизации некоторого количества молекул газовой смеси между электродами свечи зажигания, которые образуют токопроводящий участок. В следующий момент напряжение падает до нескольких киловольт, необходимых для поддержания разряда. Когда энергии для поддержания разряда становится недостаточно, оставшаяся энергия проявляется в виде напряжения, приложенного ко вторичной обмотке катушки зажигания.

Развертка тока во вторичной цепи показывает, что вначале ток возрастает быстро, а затем убывает почти линейно за время разряда, формируя треугольник на *рисунке*. Подобная форма графика тока во вторичной цепи обусловлена физическими характеристиками катушки зажигания, как описано ранее. Повышенная энергия первичной цепи может увеличить высоту треугольника в пределах заданных ограничений, а также слегка увеличить основание треугольника все в тех же пределах, но форма импульса останется неизменной.

При работе системы в режиме многоискрового разряда (*рис. 2*) этот импульс повторяется несколько раз для каждого такта сжатия, но форма каждого импульса не изменяется. С развитием систем зажигания произошли только незначительные изменения. Подтверждается тот факт, что наибольший ток, а следовательно, перенос наибольшего количества энергии происходит в момент пробоя, затем количество переносимой энергии уменьшается.

Это также объясняет, как при завихрениях в камере сгорания создается ситуация, когда искровой разряд может быть подавлен вихрем (приводящим к «вытягиванию» плазменного канала) по мере уменьшения тока в дуге. Если разряд подавлен, оставшейся энергии обычно недостаточно для другого пробоя, что приводит к возникновению пропусков зажигания.

Коренное отличие системы DEIS от обычных систем зажигания заключается в ее способности управлять формой разряда во вторичной цепи (током, протекающим через межэлектродный промежуток свечи зажигания). Впервые появилась возможность создавать импульс любой формы — эти возможности проиллюстрированы на *рис. 3-6*. Сила тока во вторичной

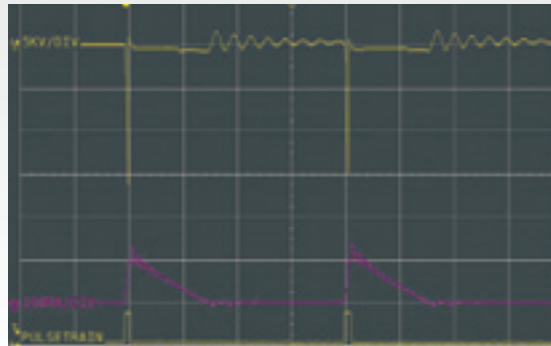


Рис. 2.
Многоискровой режим

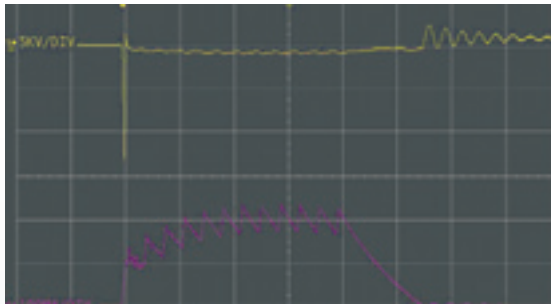


Рис. 3.
Постоянный ток
во вторичной цепи

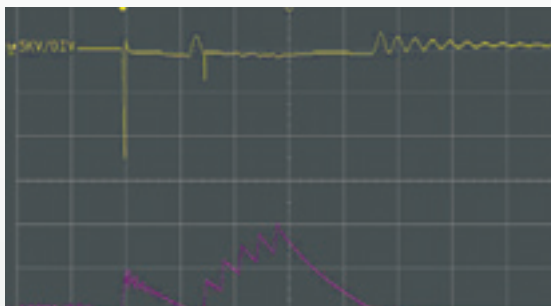


Рис. 4.
Минимальный ток
пробоя с последующим
увеличением

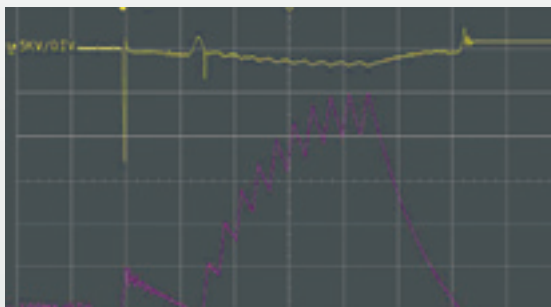


Рис. 5.
Быстрое возрастание силы
тока вслед за пробоем

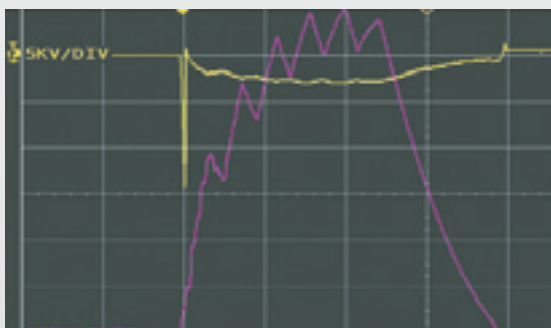


Рис. 6.
Очень большая сила тока
во вторичной цепи

цепи может оставаться неизменной, увеличиваться с течением разряда или изменяться по любому закону при управлении скважностью и количеством импульсов в цепи возбуждения.

Очевидно, что новая технология может широко применяться на практике. При завихрениях в камере сгорания искровой разряд обычной системы зажигания может быть подавлен, т.е. ток во вторичной цепи упадет до нуля. Система DEIS может генерировать очень мощный искровой разряд, при котором ток во вторичной цепи поддерживается на одном уровне, поэтому разряд не подавляется даже в условиях очень сильной турбулентности.

Преимущества новой технологии могут использоваться для достижения стабильного горения топливных газов с низкой теплотворной способностью, что становится все более привлекательным, так как в этом случае появляется возможность утилизировать свалочные газы в газопоршневых двигателях. Энергия, продолжительность разряда и сила тока во вторичной цепи в подобных проектах могут увеличиваться до уровня, необходимого для поддержания стабильного горения.

Дополнительно к увеличению длительности одного разряда технология позволяет генерировать многоискровой разряд с любой частотой. Когда условия эксплуатации не требуют дополнительной энергии, систему DEIS можно использовать как обычно, по традиционной технологии.

С появлением двигателей, работающих на обедненной смеси, с высоким давлением наддува и, как следствие, возросшей потребностью напряжения во вторичных цепях, отмечено значительное уменьшение срока службы свечей зажигания. Долгие годы это служило стимулом для развития технологий, способных довести срок службы до практически приемлемого уровня. Хорошо известно, что основной износ электродов происходит в момент пробоя, когда сила тока мгновенно возрастает от нуля до максимального значения. Способность управлять

формой импульса во вторичной цепи с помощью адаптированной последовательности импульсов возбуждения может использоваться для уменьшения броска тока до уровня, минимально необходимого для достижения пробоя. Когда образована дуга и пройден момент максимального износа электродов, силу тока можно увеличить любым образом, чтобы образовать надежный искровой разряд высокой энергии.

Необходимо отметить, что возможности системы DEIS гораздо шире. Ее нельзя назвать системой зажигания высокой или низкой энергии в чистом виде, или только регулируемой энергии. Впервые оператор получил возможность не только управлять энергией и продолжительностью разряда, но также регулировать силу тока во вторичной цепи. Поэтому DEIS — действительно *система зажигания управляемой энергии*, способная полностью подстраивать свои характеристики под конфигурацию двигателя, алгоритм загрузки и качество топлива, соотношение воздух-топливо, качество топливовоздушной смеси, турбулентность в камере сгорания и т.д. Это действительно прорыв в технологии, преодолевающий прежние проектные и конструктивные ограничения.

Что выгодно отличает эту технологию от других необычных технологий, таких как микроволновая, лазерная и т.д., так это ее практичность и подтвержденная возможность применения с обычными и хорошо известными компонентами, включая стандартные катушки и свечи зажигания. Не требуется применение дорогостоящих и ненадежных катушек и систем возбуждения или модификация двигателя с установкой в цилиндрах новых конструктивных элементов для передачи этой энергии к топливовоздушной смеси.

«Новая» система оптимизирует существующую технологию построения конденсаторных систем зажигания (чего нельзя было даже представить ранее) и по умолчанию обеспечивает сохранение конструктивных элементов и простоту эксплуатации, которая невозможна при использовании альтернативных технологий. **TD**

НОВОСТИ

ГТЭС мощностью 18 МВт начала работать в Тамбове.

Станция состоит из двух блоков ГТЭ-009М мощностью по 9 МВт. Она спроектирована и построена компанией «ГТ ТЭЦ Энерго» (Группа предприятий «Энергомаш»). ТЭС повысит надежность электроснабжения потребителей Тамбова. Электрическая энергия будет поставляться на оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ), а тепловая — теплосетевой компании.

Основное оборудование станции изготовлено Группой предприятий «Энергомаш». В состав энергоблока входит газовая турбина ГТЭ-009М, рекуперативный воздухоподогреватель РВП-2200-01, электрогенератор ТФЭ-10-2В(3x2)/6000УЗ, котел-утилизатор КУВ-23,2(20)-170, КВОУ.



Когенерационная электростанция в Тамбове работает в базовом режиме и синхронизирована с энергосистемой