

Раздел 1. Наземные транспортные средства, энергетические установки и двигатели.
шит зависимость энергетики и транспорта от нефти и газа, увеличит экологическую чистоту энергоустановок.

Проведенные исследования подтверждают возможность и целесообразность использования энергоаккумулирующих веществ как альтернативного топлива для тепловых, в частности, для газотурбинных двигателей.

Перспективными представляются дальнейшие исследования горения ЭАВ в среде перегретого водяного пара.

Литература

1. Варшавский И.Л. Энергоаккумулирующие вещества и их использование. – Киев: Наукова думка, 1980. – 240 с.
2. Grönert H. Verminderte Umweltbelastung mit Aluminium als regenerierbaren Energieträger. Fossilbefeuerte Kraftwerke// Brennst.-Wärme-Kraft. – 1988.– 41, № 7-8, p. 364-369.
3. Weber R. Prototyp-Brenner Heitzt mit Aluminium als Energiequelle. – VDI Nachrichten, 1991, № 2, - p. 19.
4. Global Hydrofuel Technologies Inc. Company Information, 2008.

Системы зажигания с автоматическим управлением качеством сгорания топлива в цилиндрах ДВС

к.т.н. доц. Мельников А.А.
МГТУ «МАМИ»

8-499-246-98-20, ark-melnikov@yandex.ru

Ключевые слова: система зажигания, ионные токи, пропуски зажигания, управление качеством сгорания

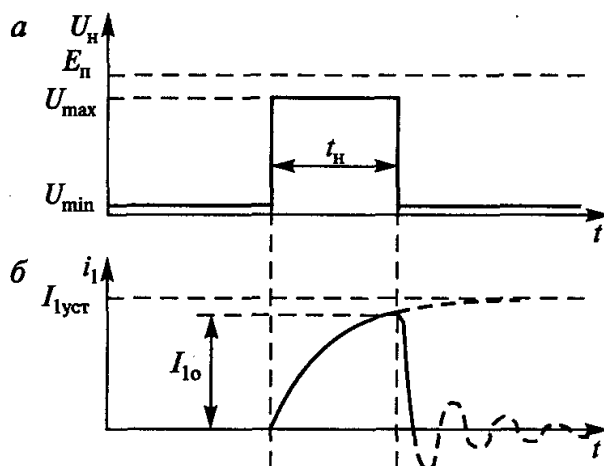
Надежность воспламенения горючей смеси в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания определяется напряжением на выходе вторичной обмотки трансформатора зажигания и качеством топлива. В технической и нормативной литературе коэффициент запаса по высокому напряжению $k_3 = U_{2m} / U_{пр}$, где: U_{2m} – напряжение на вторичной обмотке, $U_{пр}$ – пробивное напряжение, рекомендуется выбирать из диапазона 1,4;...; 1,5. Качество топлива определяют по октановому числу. От надежности воспламенения горючей смеси зависят энергетические, экономические и экологические показатели ДВС. Система искрового зажигания является одним из основных потребителей электроэнергии на автомобиле, поэтому снижением коэффициента запаса можно повысить экономические и экологические показатели ДВС. Однако со снижением высокого напряжения могут возникать пропуски воспламенения горючей смеси в цилиндрах, что приведет к снижению энергетических показателей ДВС. Так как вторичное напряжение зависит от амплитуды тока в первичной обмотке трансформатора зажигания, то введением в систему управления первичным током контура регулирования по пропускам воспламенения горючей смеси можно устранить этот недостаток.

В свою очередь амплитуда первичного тока I_{10} зависит от амплитуды и длительности (вольт-секундной площади) импульса накопления (рисунок 1) [1]. Поэтому в системе зажигания для формирования первичного тока можно использовать системы регулирования по амплитуде и по длительности (времени) импульса накопления.

Снижение потребления электрической энергии может быть достигнуто понижением пробивного напряжения путем предварительного нагрева смеси в промежутке между электродами свечи с помощью лазера [2] и использованием для импульса зажигания высокочастотного напряжения.

Для определения пропуска воспламенения топливовоздушной смеси используются датчики, основанные на различных физических явлениях. Анализ патентной литературы показал, что такие датчики могут быть основаны на контроле ионных токов в цилиндре, возникающих после возгорания топливовоздушной смеси и фиксации электромагнитного излуче-

ния от высоковольтных цепей системы зажигания при прохождении через них импульса тока при пробое межэлектродного зазора свечи [8], использовании дополнительных тестовых импульсов [5] и контроле нарастания давления в цилиндре [6]. При контроле ионных токов используются свечи с встроенными емкостными элементами, заряжающимися ионными токами [3], или используются отдельные электродные датчики [4].



**Рисунок 1 - Формирование тока в первичной обмотке трансформатора зажигания:
а – импульс накопления, б – ток в первичной обмотке**

В патенте [7] предлагается система зажигания с возможностью обнаружения пропусков воспламенения топливовоздушной смеси. На рисунке 2 представлена функциональная схема системы зажигания с датчиком контроля ионного тока.

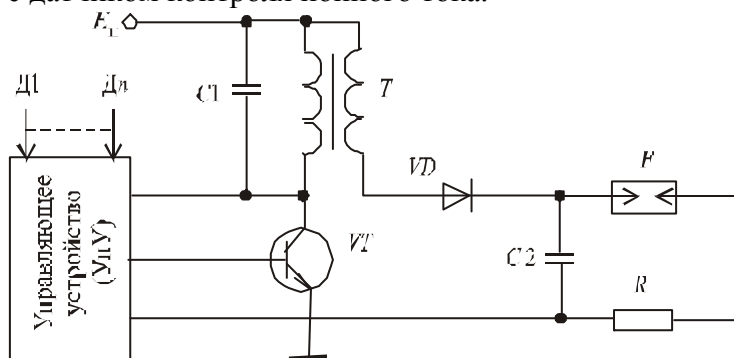


Рисунок 2 - Функциональная схема системы зажигания с датчиком контроля ионного тока

Система зажигания содержит управляющее устройство УпУ, трансформатор зажигания Т, электронный ключ на транзисторе VT, диод VD, свечу зажигания F. Для контроля ионного тока предназначаются элементы C2 и R, фактически являющиеся датчиком ионного тока. Конденсатор C1 с индуктивностью первичной обмотки трансформатора зажигания образует резонансный контур. Устройство для обнаружения пропуска воспламенения работает следующим образом. УпУ формирует импульс накопления энергии в трансформаторе зажигания с учетом сигналов с датчиков параметров работы ДВС Д1, ..., Дn. Длительность импульса накопления определяет время протекания тока через первичную обмотку. При выключении электронного ключа во вторичной обмотке трансформатора зажигания индуцируется высокое вторичное напряжение в виде затухающих колебаний, обусловленных перезарядом реактивных элементов, образуемых индуктивностью обмоток и межвитковых емкостей трансформатора зажигания. При превышении амплитуды первой полуволны высокого напряжения пробивного напряжения происходит электрический пробой искрового промежутка свечи зажигания. После пробоя сопротивление искрового промежутка резко падает и напряжение на

электродах свечи зажигания снижается до напряжения горения тлеющего разряда. Ток тлеющего разряда поддерживается за счет энергии, запасенной в реактивных элементах трансформатора зажигания во время протекания тока через его первичную обмотку. При снижении тока разряда ниже некоторого порогового значения искра гаснет, а во вторичной обмотке трансформатора возникают затухающие свободные колебания тока и напряжения. Амплитуда свободных колебаний может достигать нескольких сотен вольт. Первая полуволна свободных колебаний, проходя через диод, заряжает конденсатор С2 до некоторого напряжения, после чего начинается его разряд через сопротивление искрового промежутка свечи зажигания. По окончании разряда реактивных элементов трансформатора зажигания управляющее устройство производит периодическое кратковременное включение ключа VT. Регулирование амплитуды напряжения осуществляется УПУ по сигналам, поступающим с резонансного контура, образованного емкостью С1 и индуктивностью первичной обмотки трансформатора зажигания. Импульсы напряжения, наведенные во вторичной обмотке, через диод VD и резистор R производят заряд конденсатора С2 до некоторой заданной величины, определяемой компаратором, размещенным в УПУ. Разряд конденсатора С2 происходит по цепи через резистор R и искровой промежуток свечи. Величина тока разряда, а следовательно, и остаточное напряжение на конденсаторе в момент подзарядки определяется сопротивлением искрового промежутка, которое зависит от концентрации свободных ионов в камере сгорания. Амплитуда импульсов напряжения, измеряемая на резисторе R во время заряда конденсатора С2, пропорциональна амплитуде импульсов тока подзарядки конденсатора С2, которая в свою очередь пропорциональна интегралу тока разряда конденсатора С2 за время разряда, определяемому интенсивностью процесса сгорания топливной смеси.

Таким образом, если воспламенение топливовоздушной смеси в камере сгорания произошло, то время разряда емкости будет значительно меньше времени ее разряда в отсутствии воспламенения, так как наличие свободных ионов в искровом промежутке свечи зажигания, возникающих при сгорании топливовоздушной смеси, резко снижает сопротивление искрового промежутка. Путем измерения длительности разряда конденсатора получают информацию о пропусках воспламенения в цилиндре ДВС.

В патенте [8] предлагается способ регистрации пропусков воспламенения и система для его осуществления. На рисунке 3 представлена функциональная схема системы зажигания, фиксирующая пропуски воспламенения, с индукционным датчиком ионного тока.

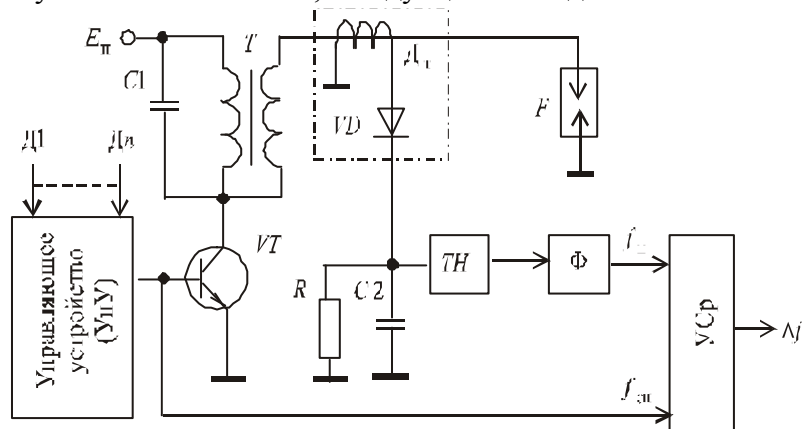


Рисунок 3 - Функциональная схема системы зажигания, фиксирующая пропуски воспламенения

Система содержит трансформатор зажигания Т, первичная обмотка которого подключена к источнику питания через электронный ключ на транзисторе VT, а вторичная обмотка соединена со свечой зажигания F, конденсатор С1, включенный между выводами первичной обмотки и образующий с ней колебательный LC - контур, управляющее устройство УПУ, индукционный датчик тока Дт, установленный на высоковольтном проводе, выпрямитель-

ный диод VD, интегратор, состоящий из резистора R и конденсатора C2, компаратора ТН, формирователь параметров импульса Ф и устройство сравнения УСр.

В данной системе зажигания после поджигающего импульса между электродами свечи пропускают диагностический импульс, по величине которого определяют, воспламенилась смесь или нет. В случае если смесь воспламенилась, температура в камере сгорания двигателя резко повышается и пробивное напряжение между электродами свечи падает, а следовательно, уменьшается амплитуда диагностического импульса.

Устройство регистрации разрядов, имеющих емкостные составляющие, целесообразно выполнять в виде последовательно соединенных индукционного датчика тока, выпрямительного диода, интегратора и компаратора (порогового дискриминатора). Это позволяет отказаться от использования высоковольтных элементов в схеме регистрации импульса тока. Управляющее устройство и устройство сравнения могут быть выполнены на основе микропроцессора.

Система зажигания работает следующим образом. В конце такта сжатия управляющее устройство запускает генератор импульсов, расположенный в УпУ. На выходе генератора формируются импульсы, отпирающие ключ VT. Количество формируемых импульсов зависит от режима работы двигателя и является максимальным при его запуске. Каждое ударное отпирание транзисторного ключа приводит к возникновению в LC-контуре затухающих колебаний напряжения. В момент закрытия ключа VT ток в первичной обмотке имеет максимальное значение и во вторичной обмотке трансформатора наводится высокое напряжение, пробивающее искровой промежуток свечи F (емкостная фаза разряда). Далее ток в свече зажигания затухает, изменяясь по синусоидальному закону (индуктивная фаза разряда). Интервал между импульсами, формируемыми генератором, устанавливается достаточным для того, чтобы колебательный процесс, вызванный однократным отпиранием транзисторного ключа, затух и сопротивление разрядного промежутка восстановилось.

В случае, если смесь не воспламенилась от первого разряда, во втором разряде так же, как и в первом, будет присутствовать емкостная составляющая. То есть, будет иметь место бросок тока во вторичной цепи катушки зажигания. Емкостные составляющие будут присутствовать во всех разрядах до тех пор, пока смесь не воспламенится. Искровые разряды через свечу после воспламенения смеси не будут иметь емкостных составляющих. Однако эти разряды будут способствовать более полному сгоранию смеси и одновременно позволяют установить факт воспламенения.

Ток во вторичной обмотке трансформатора зажигания регистрируется с помощью индукционного датчика, охватывающего высоковольтный провод. Напряжение, индуцируемое в обмотке датчика, выпрямляется с помощью диода VD и поступает на интегратор, расширяющий длительность импульса, получаемого во время емкостной фазы разряда, и снижающий амплитуду этого импульса. Это необходимо, так как емкостная фаза длится очень короткий промежуток времени (единицы микросекунд). Импульсы с выхода интегратора поступают на пороговый амплитудный дискриминатор (компаратор) ТН, выделяющий из них только те, которые могут быть созданы током, протекающим во время емкостной фазы разряда (ток емкостной фазы разряда значительно превышает ток индуктивной фазы). Далее серия импульсов, количество которых равно числу разрядов, имеющих емкостные составляющие, поступает на вход формирователя Ф и далее на устройство сравнения УСр. На выходе схемы Ф формируются нормализованные импульсы, длительность которых равна длительности импульсов, поступающих на вход электронного ключа VT, а амплитуда соответствует допустимому входному напряжению устройства сравнения УСр. Таким образом, на один вход УСр поступают импульсы с генератора, а на другой – импульсы, количество которых равно числу разрядов, имеющих емкостные составляющие. В случае, если количество импульсов на обоих входах УСр равно, на ее выходе формируется сигнал пропуска воспламенения. Этот сигнал может быть использован для индикации факта отсутствия воспламене-

ния, а также для отключения подачи топлива в цилиндр, в котором смесь не воспламенилась.

Такая система зажигания может быть использована в составе систем комплексной диагностики ДВС. Так, по количеству импульсов, имеющих емкостные составляющие, можно судить о качестве горючей смеси, поступающей в цилиндр двигателя. Хорошая смесь воспламеняется от первого искрового разряда в свече зажигания. В этом случае все последующие разряды не будут иметь емкостных составляющих и количество импульсов в серии, вырабатываемой генератором, будет отличаться на единицу от количества импульсов на выходе формирователя Φ .

В патенте [9] предлагается способ и устройство для определения нарушения процесса сгорания в цилиндрах ДВС. Функциональная схема системы зажигания с определением нарушения процесса сгорания представлена на рисунке 4.

Система зажигания включает в себя трансформатор зажигания T , первичная обмотка которого подключена к источнику питания через электронный ключ на транзисторе VT , а вторичная обмотка соединена со свечой зажигания F , конденсатор $C1$, включенный между выводами первичной обмотки и образующий с ней колебательный LC - контур, резистивный датчик тока $Dт$ (токоизмерительный резистор), включенный в цепь вторичной обмотки, выпрямитель B , компаратор TH и управляющее устройство УпУ. Управляющее устройство может быть выполнено на основе микропроцессора.

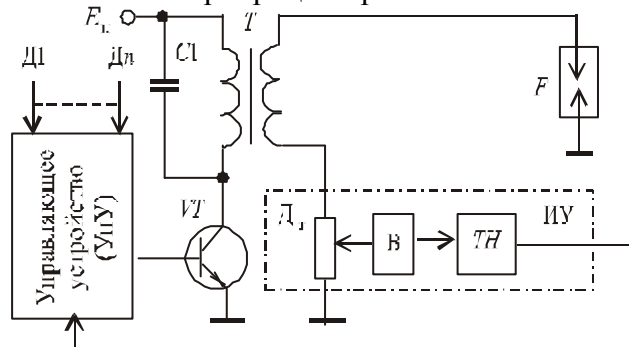


Рисунок 4 - Функциональная схема система зажигания с определением нарушения процесса сгорания

Устройство работает следующим образом. При поступлении с УпУ импульса накопления энергии ключ VT открывается. При выключении электронного ключа в первичной обмотке трансформатора зажигания формируется импульс напряжения, который, трансформируясь во вторичную обмотку, вызывает пробой искрового промежутка свечи зажигания и тем самым формирование искрового разряда в цилиндре ДВС. Кроме того, по спаду импульса управления зажиганием УпУ блокирует генерирование резонансных колебаний в первичной обмотке в течение времени t_p , равного длительности искрового разряда на свече зажигания F . При отсутствии импульса управления зажиганием, а также спустя время t_p после окончания импульса управления зажиганием УпУ работает в режиме поддержания резонансных колебаний в первичной обмотке трансформатора зажигания T . При этом на выходе УпУ вырабатывается последовательность коротких импульсов с длительностью t_i не более четверти периода резонансных колебаний колебательного контура и периодом следования T_p . Электронный ключ VT открывается на время t_i и в колебательном контуре, образованном первичной обмоткой и конденсатором $C1$, поддерживаются свободные колебания заданной, амплитуды с периодом следования T_p , причем амплитуда колебаний зависит от длительности t_i . Амплитуда свободных колебаний должна быть достаточной для поддержания требуемой величины ионного тока, но в то же время не вызывать пробоя искрового промежутка свечи зажигания. Переменное напряжение, генерируемое в первичной обмотке, трансформируется во вторичную обмотку и вызывает протекание через искровой промежуток свечи зажигания ионного тока, который протекает через токоизмерительный резистор и вызывает падение на-

пряжения, пропорциональное ионному току. Далее это напряжение измеряется в устройстве измерения УИ. Для выпрямления и уменьшения шумовой составляющей сигнал с датчика тока может детектироваться синхронным детектором и обрабатываться при помощи полосового фильтра, пикового детектора и компаратора.

Поскольку известно, что величина ионного тока при постоянной амплитуде напряжения, приложенного к искровому промежутку, зависит от температуры, давления, турбулентности и наличия детонации в цилиндре, то, измеряя параметры ионного тока, можно получить информацию о наличии нарушений в процессе сгорания топлива в цилиндре. Например, присутствие частоты детонации в спектре сигнала ионного тока указывает на детонацию, а величина амплитуды ионного тока меньше порогового уровня указывает на пропуск воспламенения. Так как в системе зажигания используются высокочастотные сигналы, то магнитопровод трансформатора зажигания должен быть выполнен из материала, допускающего передачу высокой частоты, например из магнитомягкого аморфного железа. Электронный ключ должен быть выполнен на транзисторе, допускающем работу на высокой частоте.

Современные технологии разработки специальных микросхем позволяют разработать систему зажигания полностью на полупроводниковых материалах. В такой системе зажигания можно организовать регулирование первичного тока по длительности импульса накопления с помощью микропроцессора. В этом случае можно использовать частотную и кодовую модуляции во всех элементах системы зажигания и нет необходимости преобразовывать код в напряжение, что повышает точность работы системы и ее надежность.

На рисунке 5 представлена структурная схема автоматического регулирования первичного тока трансформатора зажигания.

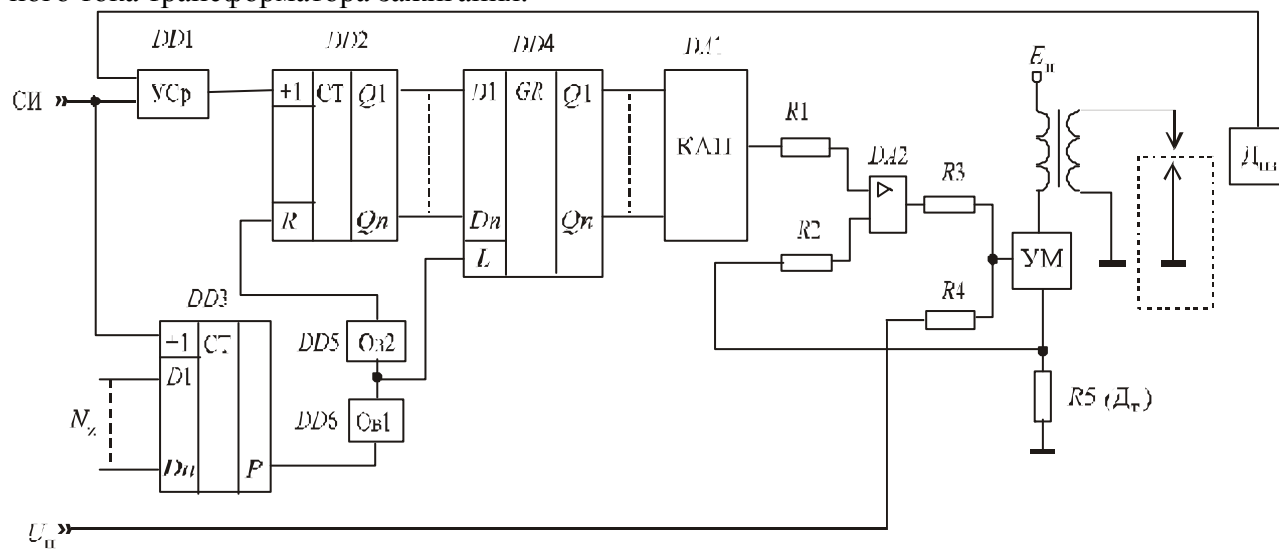


Рисунок 5 - Структурная схема автоматического регулирования первичного тока трансформатора зажигания

Система состоит из двух контуров регулирования. Объектом регулирования является первичная обмотка трансформатора зажигания, вторичная обмотка, которого нагружена на разрядник F (свечу зажигания). Первый контур регулирования по амплитуде тока включает в себя усилитель мощности УМ (регулирующий орган), датчик тока – R5 (Дт), устройство сравнения – компаратор на базе операционного усилителя DA2 с элементами R3, R4, формирующий управляющий сигнал на входе усилителя мощности. Второй контур включает в себя датчик пропусков зажигания Дпз, устройство сравнения УСр (DD1), устройство обработки сигналов, включающее в себя счетчик DD2, регистр памяти DD4 и управляющее устройство на счетчике DD3 и одновибраторах Ов1, Ов2 (DD5, DD6).

Время работы первого контура определяется длительностью импульса накопления U_n . Первый контур присутствует во всех системах зажигания. Через резистор R2 подается сигнал

с датчика тока, через резистор R1 подается опорное задающее напряжение. В предлагаемом устройстве через резистор R1 подается сигнал со второго контура. Таким образом, организуется следующее регулирование по пропуску воспламенения.

В устройстве сравнения УСр сравниваются две импульсные последовательности путем вычитания, поступающие с контроллера системы управления ДВС (синхроимпульсы СИ) и датчика пропуска зажигания Дпз. При воспламенении топливовоздушной смеси датчик формирует на своем выходе импульс напряжения. В результате сравнения число пропусков зажигания за время осреднения, формируемого счетчиком DD3, поступает на счетчик DD2 в виде единичных приращений. Полученный код запоминается в регистре памяти DD4 и с помощью преобразователя код-напряжение (кодowo-аналогового преобразователя КАП) преобразуется в напряжение, которое подается на вход опорного задающего напряжения контура регулирования первичного тока.

Интервал осреднения может изменяться вплоть до одного импульса зажигания (регулирование первичного тока после каждого пропуска зажигания) путем записи в счетчик DD3 начального кода Nz.

Основные элементы предлагаемой системы регулирования используют частотно-импульсную и кодово-импульсную модуляции. Однако на заключительной стадии преобразования используется преобразователь кода в аналог, что является регрессивным преобразованием. Регрессивное преобразование снижает качество системы регулирования. Для выявления регрессивного преобразования можно использовать поточные формулы [11].

Схема системы зажигания, синтезированная на современной элементной базе, представлена на рисунке 6.

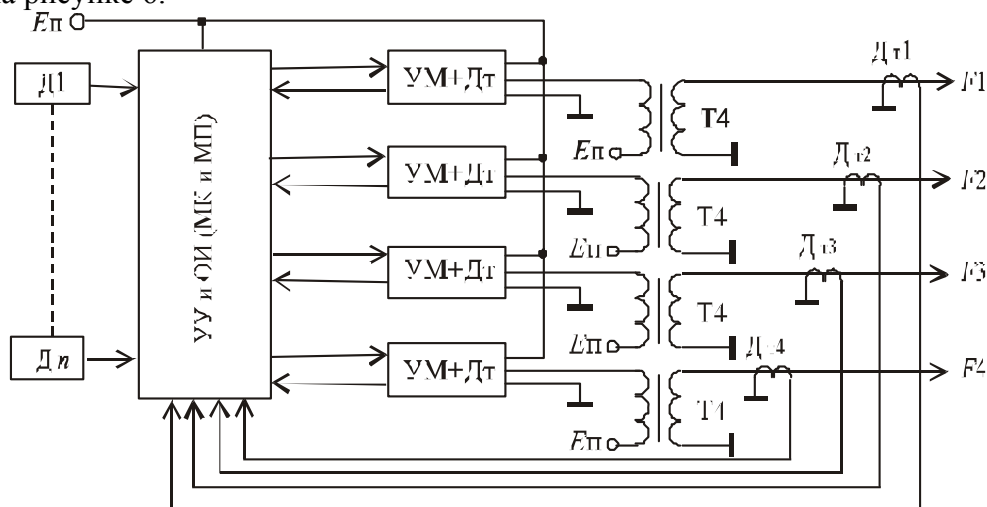


Рисунок 6 - Схема системы зажигания, синтезированная на современной элементной базе

Система зажигания включает в себя устройство управления и обработки информации (микропроцессор и микроконтроллер), усилитель мощности с датчиком тока (микросхема VB027ASP), индукционные датчики пропуска воспламенения горючей смеси в цилиндрах (Дт1, ..., Дт4), датчики параметров двигателя Д1, ..., Дп, трансформаторы зажигания Т1, ..., Т4 и свечи зажигания F1, ..., F4. Регулятор тока в первичной обмотке трансформатора зажигания синтезирован на основе таймера-счетчика микропроцессора с преобразованием числа импульсов в код и управлением длительностью импульса накопления. Регистрация отсутствия пробоя искрового промежутка, что может являться следствием снижения вторичного напряжения, вызывает в системе управления действия, направленные на увеличение длительности импульса накопления. Наличие пробоя, но отсутствие воспламенения, что может являться следствием использования некачественного или несоответствующего техническим требованиям топлива, вызывает изменения угла опережения (фазы импульса зажигания).

Выводы

Использование второго контура автоматического регулирования тока в первичной обмотке трансформатора зажигания и угла опережения зажигания (фазы импульса зажигания), исходя из пропусков воспламенения горючей смеси в цилиндрах ДВС, приведет к повышению энергетических, экономических и экологических показателей двигателя внутреннего сгорания.

Литература

1. Мельников А.А. Управление техническими объектами автомобилей и тракторов: Системы электроники и автоматики. Учеб. пособ. для вузов. – М.: Изд-во «Академия», 2003. – 276 с.
2. Патент RU № 2212559, МПК F02P23/04, Способ лазерно-искрового зажигания рабочей смеси двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления, / Карунин А.Л., Ерохов В.И., Ревонченков А.М., опубл. 20.09.2003.
3. Патент RU № 2242632, МПК F02P17/12, G01R31/38, Способ измерения ионной проводимости / Малышев А.В., Миронов Ю.В., Федоренко Ю.М., опубл. 20.12.2004.
4. Патент RU № 2309334, МПК F23N5/12, Способ контроля и управления сгоранием топлива в ДВС и ионизационный датчик для его осуществления, / Ахремочкин О. А. и др., опубл. 27.10.2007.
5. Патент RU № 2056522, МПК F02P11/06, Способ диагностики пропусков воспламенения в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания и устройства для его осуществления / Годлевский В. Е. и др., опубл. 20.03.1996.
6. Заявка RU № 95112449, МПК G01M15/00, Способ определения пропусков вспышек в двигателе внутреннего сгорания, / Шевяков Г.Е., опубл. 10.08.1997.
7. Патент RU № 2117819, МПК 6F02P17/00, Система зажигания для ДВС / Дударь и др., опубл. 20.08.1998.
8. Патент RU № 2087741, МПК 6F02P 11/06, 6F02P 3/00, Способ поджига рабочей смеси в цилиндре двигателя внутреннего сгорания с одновременной регистрацией пропусков воспламенения и система для его осуществления, / Маловичко Н.С., Пантелеев С.Л, опубл. 20.08.1997.
9. Патент RU № 2095617, МПК 6F02P 11/06, Способ и устройство для определения нарушения процесса сгорания в цилиндре ДВС, / Малышев А.В., опубл. 10.11.1997.
10. Компьютерное моделирование электронных устройств систем управления Часть I, II. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, Ермаков В.В., Коротков В.И., Малеев Р.А., Мельников А.А., Мельников А.А. (мл), Нигматулин Ш.М., Филатов Б.С. ТГТУ, Тольятти, 2006, – 252 с.
11. Мельников А.А. Теория автоматического управления техническими объектами автомобилей и тракторов: Учеб. пособ. для вузов. – М.: Изд-во «Академия», 2003. – 280 с.

Приложение

Работа системы регулирования тока в первичной обмотке по пропускам зажигания смоделирована с помощью программ EWB [10].

Электрическая схема модели устройства управления первичным током трансформатора зажигания по пропускам воспламенения приведена на рисунке 7.

На схеме рисунка 7 показаны генератор тактовых импульсов G; D-триггеры T1, T2; переключатель S1, комбинированный триггер D1.1 (микросхема 7474, отечественный аналог K155TM2); счетчики D2, D3 (микросхема 7493, отечественный аналог K155IE5); регистр памяти D4 (микросхема 7477, отечественный аналог K155TM5; логические элементы И-НЕ D5, D6 (микросхемы 7500, отечественный аналог K155JA3); резисторы R1, R2 и конденсаторы C1, C2.

Генератор G имитирует генератор синхроимпульсов блока управления ДВС, триггер T1 формирует две последовательности импульсов, одна из которых имитирует синхроимпульс

сы, а другая – импульсы с датчика пропуска воспламенения (датчика ионного тока). На триггере T2 импульсы, имитирующие сигнал с датчика, делятся, что имитирует пропуски воспламенения. С помощью переключателя S1 можно задавать режимы работы, имитирующие пропуск воспламенения и отсутствие пропуска. Триггер D1 выполняет функции устройства сравнения (вычитания). Счетчик D2 подсчитывает число пропусков воспламенения за интервал наблюдения, формируемый счетчиком D3. Код результат счета пропусков воспламенения хранится в регистре памяти D4, который отображается на световых индикаторах H1, ..., H4. Команды сброса счетчика D2, перенос кода из счетчика D2 в регистр памяти D4 формируются одновибраторами, построенными на микросхема D5, D6 [10].

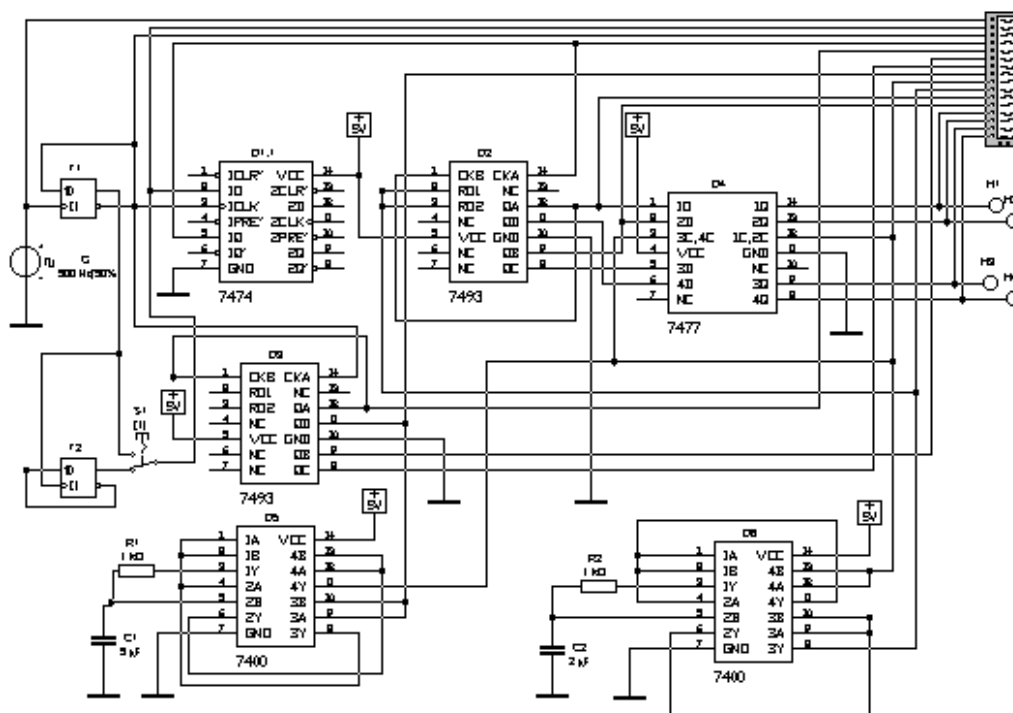


Рисунок 7 - Электрическая схема модели устройства управления первичным током трансформатора зажигания по пропускам воспламенения

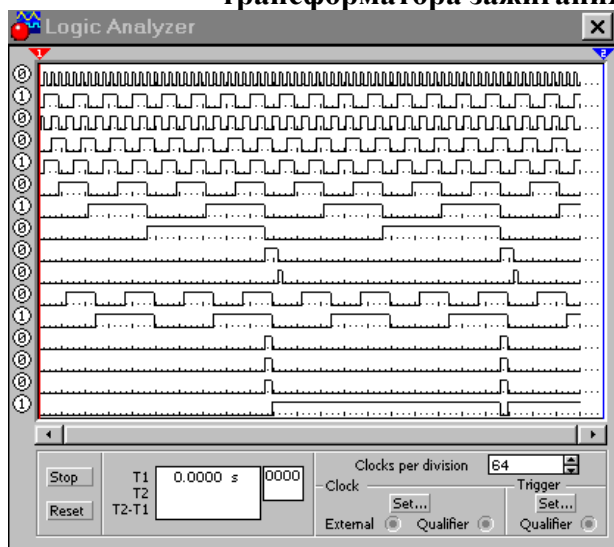


Рисунок 8 - Диаграммы сигналов, поясняющие работу устройства управления при отсутствии пропусков воспламенения смеси в цилиндре

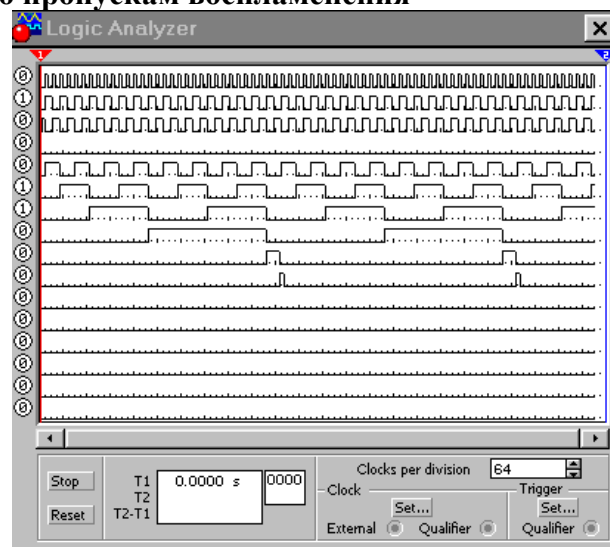


Рисунок 9 - Диаграммы сигналов, поясняющие работу устройства управления при наличии пропусков воспламенения смеси в цилиндре

Раздел 1. Наземные транспортные средства, энергетические установки и двигатели.

Работа устройства проверяется по сигналам, наблюдаемым на экране шестнадцати канального логического анализатора ЛА (рисунки 8 и 9).

Контрольные точки, позиционные обозначения и назначения элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ контрольной точки	Позиционное обозначение элемента и вывода	Назначение элемента
1	G	Генератор импульсов
2	S1	Переключатель сигналов
3	T1 (Инверсный выход)	Триггер T1
4	D1.1 (Выход 1Q)	Устройство сравнения
5	D3 (Выход 1 разряда QA)	Формирователь интервала
6	D3 (Выход 2 разряда QB)	Формирователь интервала
7	D3 (Выход 3 разряда QC)	Формирователь интервала
8	D3 (Выход 4 разряда QD)	Формирователь интервала
9	D5 (Выход 4Y)	Формирователь команды 1 (Oв1)
10	D6 (Выход 3Y)	Формирователь команды 2 (Oв2)
11	D2 (Выход 1 разряда QA)	Счетчик разности
12	D2 (Выход 2 разряда QB)	Счетчик разности
13	D4 (Выход 1 разряда 1Q)	Регистр памяти (Индикатор Н1)
14	D4 (Выход 2 разряда 2Q)	Регистр памяти (Индикатор Н2)
15	D4 (Выход 3 разряда 3Q)	Регистр памяти (Индикатор Н3)
16	D4 (Выход 4 разряда 4Q)	Регистр памяти (Индикатор Н4)

Особенности протекания гидродинамических процессов в высоконапорных струйных гидроусилителях систем управления энергоустановок

к.т.н. доц. Месропян А.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет
тел. (347) 273 09 44, avm_74@mail.ru

Ключевые слова: струйные гидроусилители, гидродинамические процессы в проточной части, сервоприводы системы управления энергоустановок.

Введение

Создание высокоточных систем управления энергетическими установками сопровождается широким применением в их составе исполнительных гидроприводов с высоконапорными струйными гидроусилителями.

Точность прогнозирования и расчета параметров и характеристик исполнительных гидроприводов в настоящее время определяется, главным образом, обоснованностью конструкторских решений и методами расчета. Это обуславливает необходимость дальнейшего развития и проработки различных аспектов проблем проектирования и доводки быстродействующих гидроприводов.

Накопленный опыт проектирования быстродействующих гидроприводов со струйными гидроусилителями (СГУ) показывает [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7], что распространение высоконапорной компактной струи в СГУ сопровождается одновременным протеканием сложных и неоднозначных физических и гидродинамических процессов и явлений в струйной камере гидрораспределителя, что, в совокупности с миниатюрными размерами проточной части гидрораспределителя и сложностью микрорегулировки струйной трубки относительно нейтрального положения, определяет актуальность проработки вопросов расчета геометрических параметров СГУ. На рисунке 1 показана проточная часть серийно выпускаемого гидроусилителя, применяемого в системах управления энергоустановок.