

Блок зажигания на микроконтроллере .

Несмотря на повсеместное распространение впрысковых (инжекторных) двигателей , где приготовлением топливной смеси и моментом зажигания управляет электроника, карбюраторные двигатели с механическим регулятором опережения зажигания , вероятно еще долго будут находиться в эксплуатации.

Как известно мощность, развиваемая двигателем, во многом зависит от того, на сколько угол опережения зажигания, формируемый центробежным и вакуумными регуляторами соответствует оптимальному углу опережения. (Тюфяков А. Система зажигания без секретов: Сб. Автомобилист -86-М.: ДОСААФ, 1986).

Тюфяков считает, что даже при условии нормальной работы центробежного регулятора двигатель теряет 5 -10 % мощности из-за того, что характеристика центробежного регулятора не соответствует оптимальной. Реально эти потери значительно больше:

- ✓ необходимо учесть различные люфты в приводе датчика-распределителя (трамблера);
- ✓ износ подшипника, на котором крепится прерыватель (или датчик Холла в бесконтактном варианте системы зажигания);
- ✓ изменение упругости пружин центробежного регулятора в процессе эксплуатации, его инерционность и т.д.

главное - невозможность при помощи простого механического устройства воспроизвести кривую зависимости УОЗ сначала по границе детонации (до 2800 мин^{-1}), а далее по кривой оптимального УОЗ (кривые 2 и 4 на Рис.1)

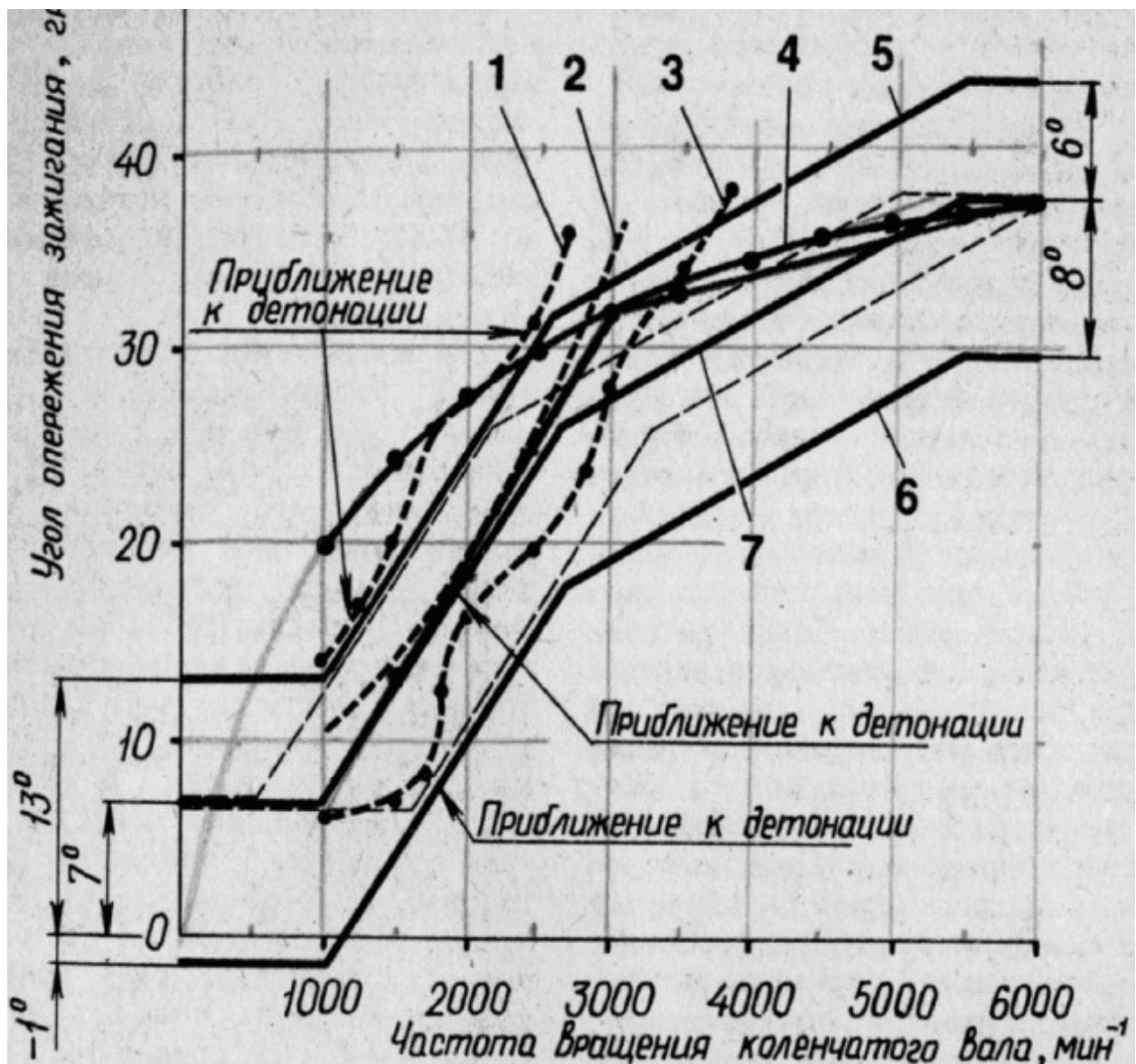


Рис. 1 График зависимости оптимального УОЗ из статьи А.Тюфякова "Зажигание без секретов".

1 - граница детонации для АИ-95.

2 - для АИ-92.

3 - для А-76.

4 - кривая оптимального УОЗ.

5,6,7 - характеристики центробежного регулятора при различном начальном УОЗ.

Для сокращения потерь мощности двигателя, вследствие указанных причин, были разработаны два устройства на микроконтроллерах.

Первое устройство формирует угол опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя (Рис.2).

Кривая графика УОЗ в диапазоне от 830 до 2800 мин⁻¹ проходит по границе детонации для бензина АИ - 92 и двигателя ВАЗ – 2101...ВАЗ- 2107. Далее кривая графика соответствует оптимальному углу опережения зажигания в диапазоне частот от 2800 мин⁻¹ до 6000 мин⁻¹.

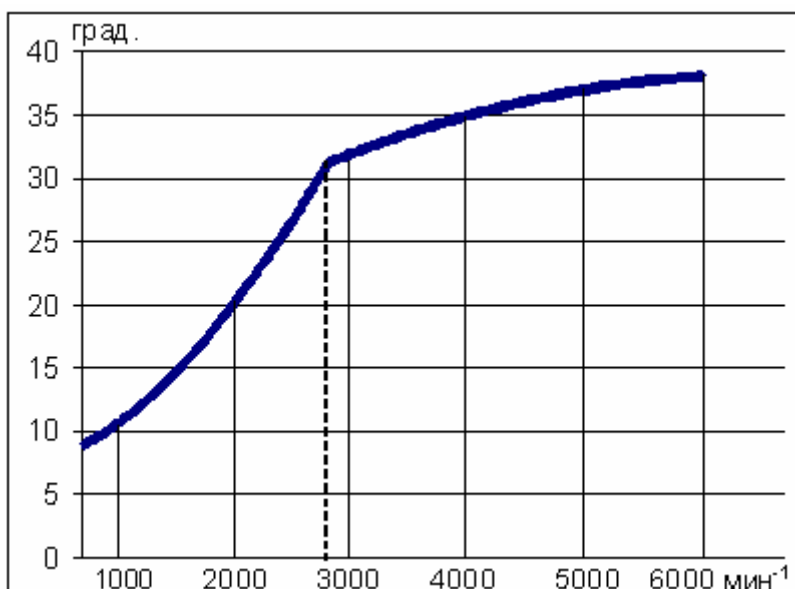


Рис.2

Расчет характеристики производился в Excel, по формулам из статьи Ю. Архипова "ЦИФРОВОЙ РЕГУЛЯТОР УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ" (стр.129-149) РАДИОЕЖЕГОДНИК за 1991год.

На основании данных расчета написана программа для микроконтроллера. Программа использует данные о предыдущем периоде импульсов зажигания для расчета угла ОЗ в текущем периоде. Расчет УОЗ, на основе данных о периоде импульсов зажигания, позволяет использовать как прерыватель так и датчик Холла (незначительно изменив схему устройства не меняя программы). Работа программы не зависит от скважности входных импульсов.

На Рис.3 - приведена принципиальная схема устройства для прерывателя, а на Рис.4 - для датчика Холла.

Работает устройство следующим образом - импульсы с прерывателя, после ограничения до уровня 4,7в, поступают на вывод 6 микроконтроллера, если частота вращения коленчатого вала менее 830 мин⁻¹ программа микроконтроллера устанавливает на выводе 17, уровень напряжения такой же как на выводе 6, т.е. угол опережения равен 0.

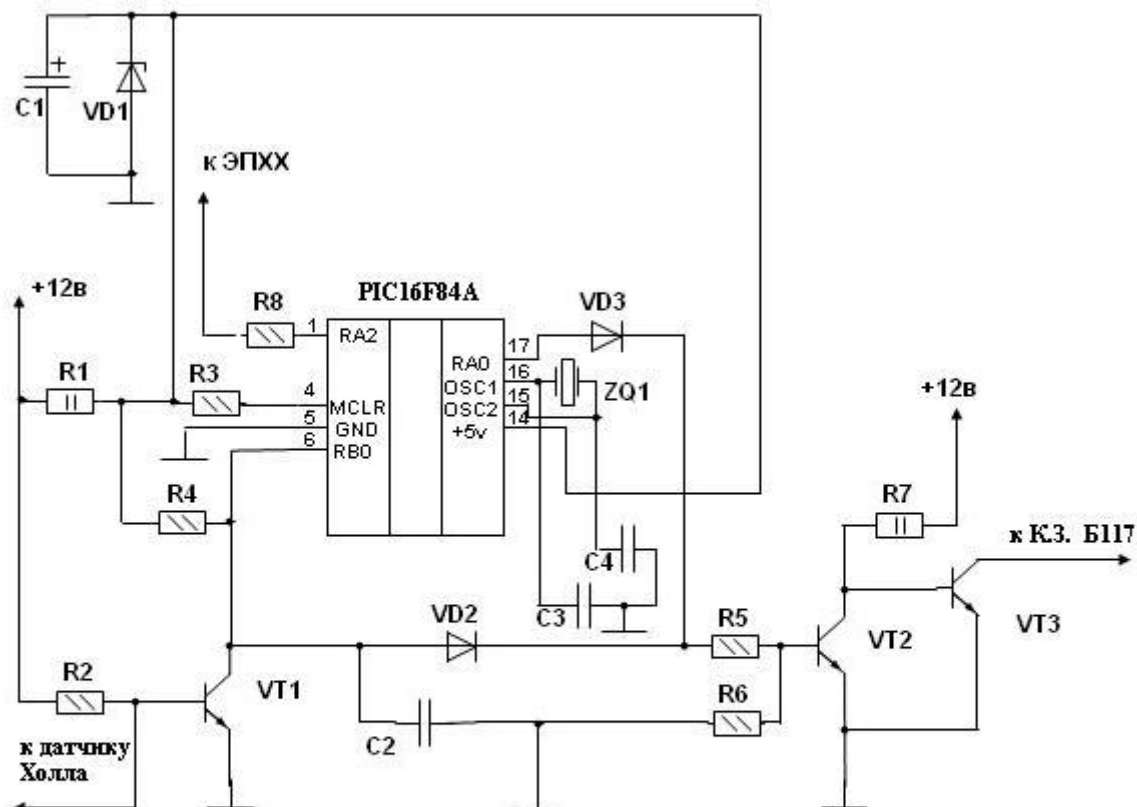
В случае отсутствия импульсов на входе устройства в течении 8 секунд (постоянный 0V уровень на выводе 6), программа устанавливает на выводе 17 высокий уровень, транзистор VT2 закрывается и катушка зажигания отключается.

При частоте более 830 мин⁻¹, программа формирует угол ОЗ в зависимости от периода импульсов зажигания в соответствии с графиком на Рис.2.

В качестве ключа (VT2 на Рис.3 или VT3 на Рис.4) применен транзистор КТ898А, который позволяет непосредственно коммутировать катушку зажигания Б117А.

Устройство собрано в корпусе от блока электронного зажигания. Транзистор КТ898А изолирован от корпуса блока прокладкой из слюды.

Сигнал на выводе 11 микроконтроллера можно использовать для включения пневмоклапана ЭПХХ, для этого необходимо дополнительно установить транзисторный ключ. Уровень логической 1 устанавливается на выводе 1, при снижении частоты вращения коленчатого вала до 1300 мин⁻¹.



R1 - 430; R2 - 1,5к; R3 - 4,7к; R4 - 1к; R5 - 1к; R6 - 10к; R7 - 180; R8 - 1к;
 C1 - 50мкф '25в; C2 - 0,01мк; C3, C4 - 30пф;
 VD1 - КС147; VD2, VD3 - КД521; VT1 - КТ503; VT2 - КТ817; VT3 - КТ898А;
 ZQ1 - 4,0МГц .

Схема регулятора УОЗ для совместной работы с датчиком Холла, файл прошивки - RUOZ+84.HEX.

Рис.4

При установке устройства на автомобиль блокируется работа центробежного регулятора - грузы центробежного регулятора должны быть зафиксированы любым удобным способом, автор сделал это при помощи скобок из проволоки вместо штатных пружин.

Начальный угол ОЗ должен быть равен "0", и установлен по меткам на шкиве коленчатого вала и блоке цилиндров. Угол замкнутого состояния контактов прерывателя, желательно установить больше чем рекомендуют инструкции по эксплуатации - около 65 градусов вместо рекомендуемых 55 (для достижения больших максимальных оборотов).

Ниже приведена "прошивка" микроконтроллера PIC16F84A для схем на Рис.3 и Рис.4 .

RUOZ+84.HEX

```
:020000040000FA
:020000000628D0
:080008000528080083128501A0
:1000100086018316FF30860000308500831281013F
:1000200083166400EA3081008312FB2882070234C1
:100030000234023402340234023402340234023410
:1000400002340234023402340234023402340234FE
```

:100050000A3414341E342834323447344C34503487
:10006000543458345C3460346334663469346C34EA
:100070006F347234753478347B347D348034823418
:100080008534873489348C348E349034923495346A
:10009000973499349B349D349F34A134A334A534D0
:1000A000A734A934AB34AD34AF34B134B334B53440
:1000B000B634B834B934B834B734B634B534B434EB
:1000C000B334B234B134B034B034AF34AE34AE340F
:1000D000AD34AC34AC34AB34AB34AA34AA34A93428
:1000E000A934A834A834A834A734A734A734A63434
:1000F000A634A534A534A534A434A434A434A4343B
:10010000A334A334A334A334A334A334A234A23439
:10011000A234A234A234A234A234A234A234A2342F
:10012000A234A234A234A234A234A234A234A2341F
:10013000A234A234A234A234A234A234A234A2340F
:10014000A334A334A334A334A334A334A334A434F6
:10015000A434A434A434A434A434A534A534A534DC
:10016000A534A634A634A634A634A634A734A734BE
:10017000A734A834A834A834A834A934A934A9349D
:10018000A934AA34AA34AA34AB34AB34AB34AC347B
:10019000AC34AC34AD34AD34AD34AE34AE34AE3456
:1001A000AF34AF34AF34B034B034B034B134B13430
:1001B000B134B234B234B334B334B334B434B43409
:1001C000B534B534B534B634B634B734B734B734DF
:1001D000B834B834B934B934B934BA34BA34BB34B5
:1001E000BB34BB34BC34BC34BD34BD34BE34BE348B
:1001F000BE34BF34BF3405106400FF30A000FF30B0
:10020000A1001430B000B00B0329A00B0B29A10BE7
:100210000B290514FC286400061C0129061C0E2964
:100220000514A001A1010000000A00F1929A10AD6
:10023000640006181329640006181C2905106400C0
:1002400000000000A00F2629A10A0000061C20299A
:100250000514163021020318FC286400A401A5012E
:10026000AC01AD01AE01AF01A801AB012008A200B5
:10027000A20EA2132213A21222122108A3000F30F1
:10028000A305230EA20722081620A6000030A7000F
:100290002008A9002108AA008D212908A4002A0805
:1002A000A500831222088C3C0318582905155929EA
:1002B00005116400A001A101061C5C290514A40B12
:1002C00068290311A508031D672900006829A503F3
:1002D000A00F7029A10A21080E3C03187029FB28E1
:1002E00006185F2964000510061874290510A40B70
:1002F00080290311A508031D7F2905148029A50362
:10030000A00F8829A10A21080E3C03188829FB2880
:10031000061C7729640005142E2999212608A907AF
:100320000318AA0A2708AA070318AB0A2808AB076C
:100330000034A609A60A0319A703A7090319A803ED
:04034000A8090034D4
:02400E00F53F7C
:00000001FF

Второе устройство формирует угол опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, и от разрежения во впускном коллекторе – в этом случае блокируются и центробежный и вакуумный регуляторы. На Рис.5 приведены графики угла опережения зажигания, формируемые устройством.

Кривая “0,9в” формируется при минимальном разрежении (напряжение на входе аналого-цифрового преобразователя микроконтроллера равно 0,9в, дроссельная заслонка полностью открыта), а кривая “0,6в” формируется при максимальном разрежении. График зависимости УОЗ, при 1/2 от максимального разрежения (кривая “0,75 в”), от 830 до 2800 мин⁻¹, проходит по границе детонации для бензина АИ - 92 и двигателя ВАЗ – 2101...ВАЗ- 2107. Далее кривая графика соответствует оптимальному углу опережения зажигания в диапазоне частот от 2800 мин⁻¹ до 6000 мин⁻¹. Кривая “0,75 в” соответствует кривым 2 и 4 на графике из статьи Тюфякова (Рис. 1).

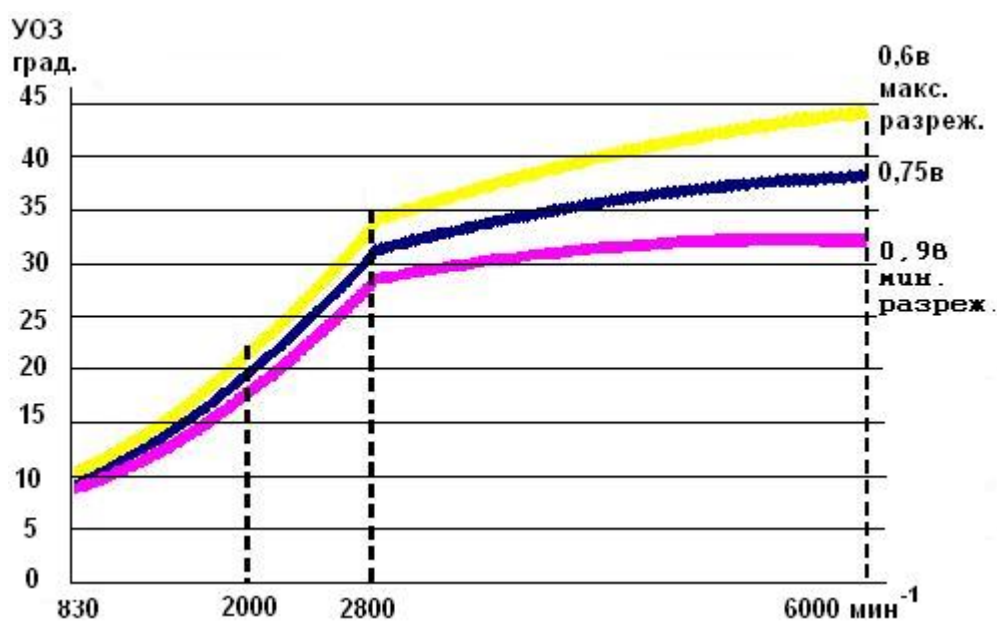


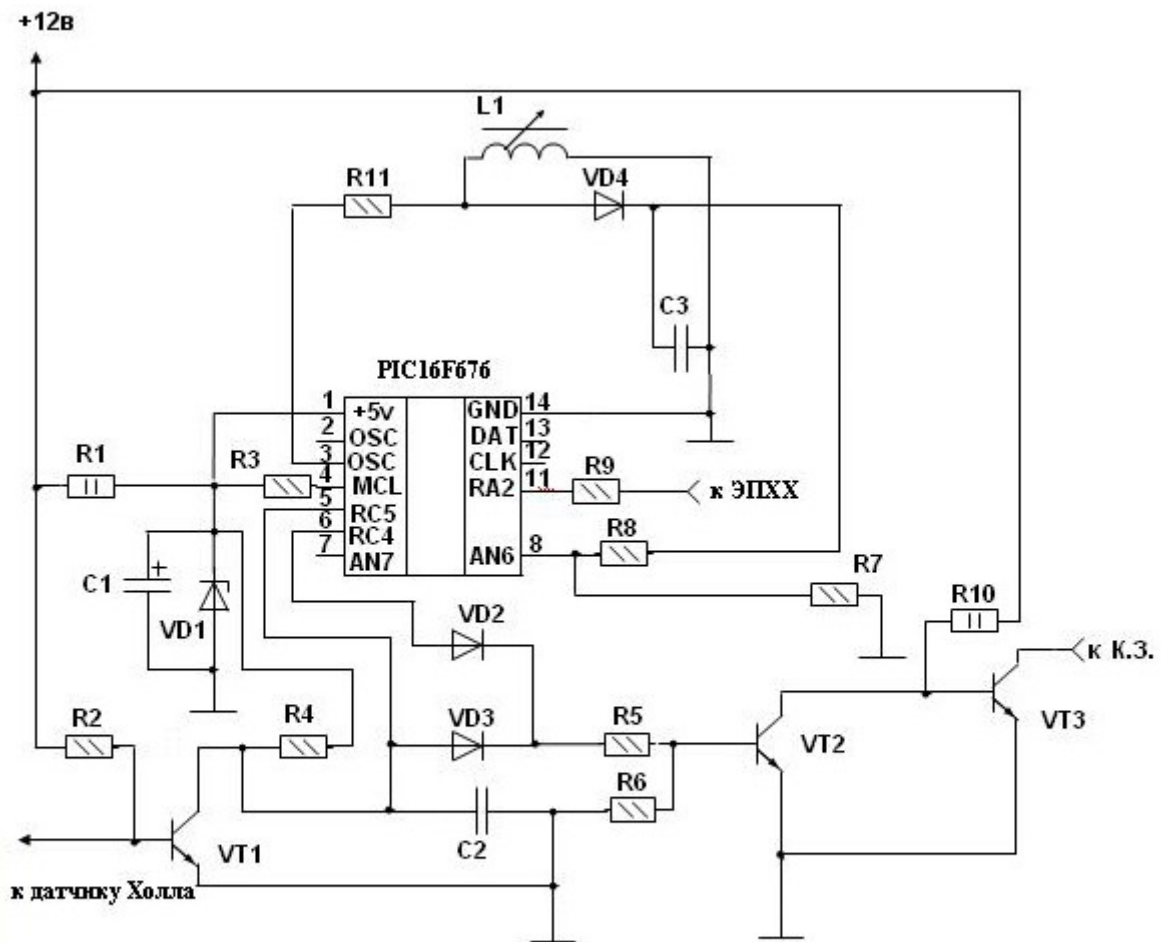
Рис.5

Схемы регуляторов УОЗ приведены на Рис.6 и Рис.7. Программа, в части регулировки УОЗ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, полностью идентична программе первого устройства.

Здесь дополнительно введена подпрограмма коррекции формируемого УОЗ в зависимости от разрежения во впускном коллекторе двигателя. Диапазон регулировки УОЗ в зависимости от разрежения был определен в ходе испытания устройства на автомобиле.

Угол ОЗ корректируется в зависимости от напряжения на входе аналого-цифрового преобразователя (вывод 8 PIC16F676) в соответствии с графиком на Рис.5.

В программе так же предусмотрено ограничение диапазона регулирования угла ОЗ по разрежению. Угол ОЗ изменяется в пределах указанных на Рис.5, даже если напряжение на входе АЦП будет меньше 0,6в или больше 0,9в.



R1 – 430; R2 - 1.5к; R3- 4,7к; R4, R5 - 1к; R6 – 10к; R7 – 220к; R8 – 10к; R9 – 1к; R11– 10к; R10– 180; C1 - 50мк³16в; C2 - 0,01мк; C3 - 0,25мк; L1- 100...200мкГн; VD1– КС147; VD2, VD3, –КД 521; VD4 –Д18; VT1–КТ503 ; VT2 –КТ815; VT3-КТ898А .

Рис.7

Настройка устройства сводится к установке на входе АЦП пределов изменения напряжения от 0,6в, при сердечнике вне катушки (максимальное разрежение во впускном коллекторе) до 0,9в при сердечнике, полностью введенном в катушку (минимальное разрежение). Это достигается подбором ферритовых колец (количества колец или марки феррита) и подбором резистора R8 на Рис.6 или R7 на Рис.7 .

Катушка L1 намотана на каркасе длиной 6мм и диаметром 12мм и имеет 80 -100 витков провода ПЭВ-0,2 .

Устройство собрано в металлическом корпусе от блока электронного зажигания, вакуумная камера регулятора закреплена снаружи корпуса, в корпусе просверлено отверстие для тяги вакуумного регулятора .Катушка L1 закреплена на плате устройства . Транзистор КТ898А изолирован от корпуса блока прокладкой из слюды . Ниже приведена “прошивка” микроконтроллера PIC16F676 .

В блоках зажигания не предусмотрена защита ключей на КТ898А от короткого замыкания . Оба устройства рассчитаны на работу с катушкой зажигания типа Б117А .

Программу блока зажигания на PIC16F676 несложно адаптировать для совместной работы с датчиком абсолютного давления типа 45.3829 .

“ Прошивка “ микроконтроллера guoz+676.HEX

:020000040000FA
:020000000628D0
:080008000528080083128501A0
:1000100087018316EF308700FB308500FB309100AD
:100020008312640081018316EA3081008312FD2867
:1000300082070234023402340234023402340234BD
:100040000234023402340234023402340234023400
:10005000023404340A3414341E342834323447341D
:100060004C345034543458345C3460346334663423
:1000700069346C346F347234753478347B347D3445
:10008000803482348534873489348C348E3490348F
:1000900092349534973499349B349D349F34A134F1
:1000A000A334A534A734A934AB34AD34AF34B13460
:1000B000B334B534B634B834B934B834B734B634EC
:1000C000B534B434B334B234B134B034B034AF3402
:1000D000AE34AE34AD34AC34AC34AB34AB34AA341F
:1000E000AA34A934A934A834A834A834A734A7342E
:1000F000A734A634A634A534A534A534A434A43436
:10010000A434A434A334A334A334A334A334A33435
:10011000A234A234A234A234A234A234A234A2342F
:10012000A234A234A234A234A234A234A234A2341F
:10013000A234A234A234A234A234A234A234A2340F
:10014000A234A234A334A334A334A334A334A334F9
:10015000A334A434A434A434A434A434A434A534DF
:10016000A534A534A534A634A634A634A634A634C2
:10017000A734A734A734A834A834A834A834A934A1
:10018000A934A934A934AA34AA34AA34AB34AB3480
:10019000AB34AC34AC34AC34AD34AD34AD34AE345B
:1001A000AE34AE34AF34AF34AF34B034B034B03436
:1001B000B134B134B134B234B234B334B334B3340F
:1001C000B434B434B534B534B534B634B634B734E5
:1001D000B734B734B834B834B934B934B934BA34BC
:1001E000BA34BB34BB34BB34BC34BC34BD34BD3492
:1001F000BE34BE34BE34BF34BF3407126400FF3097
:10020000A000FF30A1001430B000B00B0529A00BF6
:100210000D29A10B0D290716FE286400871E03294E
:10022000871E10290716A001A10100000000000090
:10023000A00F1C29A10A6400871A15296400871AD7
:100240001F2907126400000000000000000A00F3A
:100250002B29A10A0000871E242907161630210227
:100260000318FE286400A401A501AC01AD01AE0194
:10027000AF01A801AB012008A200A20EA213221315
:10028000A21222122108A3000F30A305230EA207F9
:1002900022081820B00011303007A6000030A70057
:1002A0002008A9002108AA00CB212908A4002A08B7
:1002B000A500831222088C3C0318602905156129CA
:1002C0000511831299309F009E019F1083169F0194
:1002D0009E0183129F14000000009F186C290000EB
:1002E000831203119E08031D76297929CD30B000B1
:1002F0007D2983161E088312B0008830B0020318CF

:100300008229B00103104530300230080318443010
:10031000B0000310B00C3008A900AA012408A60000
:100320002508A700E0212608A4002708A5006400EE
:10033000A001A101871E9A290716A40BA629031163
:10034000A508031DA5290000A629A503A00FAE2915
:10035000A10A21080E3C0318AE29FD28871A9D2901
:1003600064000712871AB2290712A40BBE290311D1
:10037000A508031DBD290716BE29A503A00FC62980
:10038000A10A21080E3C0318C629FD28871EB5299D
:10039000640007163329D7212608A9070318AA0ADB
:1003A0002708AA070318AB0A2808AB070034A609D8
:1003B000A60A0319A703A7090319A803A80900346B
:0E03C0002908A6070318A70A2A08A707003471
:02400E00ED3F84
:00000001FF

**Результаты испытания устройств на автомобиле ВАЗ-21053
удовлетворили автора :**

- ✓ **Двигатель работает ровно, без пропусков зажигания на холостых оборотах.**
- ✓ **Увеличилась мощность на низких оборотах .**
- ✓ **Значительно улучшилась динамика разгона автомобиля, при разгоне двигатель уверенно набирает обороты, на педаль “газа” реагирует мгновенно, без былой “задумчивости”, исчез эффект “стенки “- когда сколько ни жми на “газ”- обороты не увеличиваются.**

Далее приведен усовершенствованный вариант блока зажигания

В схему добавлена емкость С4 , которая входит в колебательный контур L1...С4 . (Рис.8)

Это упрощает настройку датчика разрежения .

Сначала добиваемся подбором С4 максимального напряжения на С3 (резонанса в контуре С4..L1 на частоте 1,0мгц), при сердечнике полностью введенном в катушку (минимальное разрежение , дроссельная заслонка полностью открыта).

Затем резистором R8 устанавливаем диапазон изменения напряжения на входе АЦП (от 0,6 – до 0,9в) соответственно при сердечнике вне катушки и сердечнике в катушке .

С этой схемой (Рис.8) можно использовать как старую прошивку так и новую. В новую прошивку добавлены две команды калибровки тактового RC генератора 4,0мгц

```
CALL    03FF
MOVWF  OSCCAL
```

Если у вас новый микроконтроллер , то необходимо в окне **Icprog 105D** прочитать содержимое ячейки памяти программ с адресом 03FF.

Там будет записано что-то вроде **34xx** .Это значение необходимо сохранить и перед программированием заносить в эту же (03FF) ячейку .

Если не сделать этого, то программа не будет работать вообще (зациклиться).

:10011000A234A234A234A234A234A234A234A2342F
:10012000A234A234A234A234A234A234A234A2341F
:10013000A234A234A234A234A234A234A234A2340F
:10014000A234A234A334A334A334A334A334A334A334F9
:10015000A334A434A434A434A434A434A434A434A534DF
:10016000A534A534A534A634A634A634A634A634A634C2
:10017000A734A734A734A834A834A834A834A934A1
:10018000A934A934A934AA34AA34AA34AB34AB3480
:10019000AB34AC34AC34AC34AD34AD34AD34AE345B
:1001A000AE34AE34AF34AF34AF34B034B034B03436
:1001B000B134B134B134B234B234B334B334B3340F
:1001C000B434B434B534B534B534B634B634B734E5
:1001D000B734B734B834B834B934B934B934BA34BC
:1001E000BA34BB34BB34BB34BC34BC34BD34BD3492
:1001F000BE34BE34BE34BF34BF3407126400FF3097
:10020000A000FF30A1001430B000B00B0529A00BF6
:100210000D29A10B0D290716FE286400871E03294E
:10022000871E10290716A001A10100000000000090
:10023000A00F1C29A10A6400871A15296400871AD7
:100240001F29071264000000000000000000A00F3A
:100250002B29A10A0000871E242907161630210227
:100260000318FE286400A401A501AC01AD01AE0194
:10027000AF01A801AB012008A200A20EA213221315
:10028000A21222122108A3000F30A305230EA207F9
:1002900022081820B00011303007A6000030A70057
:1002A0002008A9002108AA00CB212908A4002A08B7
:1002B000A500831222088C3C0318602905156129CA
:1002C0000511831299309F009E019F1083169F0194
:1002D0009E0183129F14000000009F186C290000EB
:1002E000831203119E08031D76297929CD30B000B1
:1002F0007D2983161E088312B0008830B0020318CF
:100300008229B00103104530300230080318443010
:10031000B0000310B00C3008A900AA012408A60000
:100320002508A700E0212608A4002708A5006400EE
:10033000A001A101871E9A290716A40BA629031163
:10034000A508031DA5290000A629A503A00FAE2915
:10035000A10A21080E3C0318AE29FD28871A9D2901
:1003600064000712871AB2290712A40BBE290311D1
:10037000A508031DBD290716BE29A503A00FC62980
:10038000A10A21080E3C0318C629FD28871EB5299D
:10039000640007163329D7212608A9070318AA0ADB
:1003A0002708AA070318AB0A2808AB070034A609D8
:1003B000A60A0319A703A7090319A803A80900346B
:0E03C0002908A6070318A70A2A08A707003471
:02400E00ED3F84
:00000001FF

Литература.

1. Ю. Архипов "ЦИФРОВОЙ РЕГУЛЯТОР УГЛА ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ"(стр.129-149) РАДИОЕЖЕГОДНИК за 1991год .
2. Тюфяков А. Система зажигания без секретов : Сб. Автомобилист -86-М.: ДОСААФ ,1986 .
- 3.В.С.Яценков "Микроконтроллеры MicroCHIP " практическое руководство 2-е издание Москва Горячая линия – Телеком 2005.
4. А. Долганов "Регулятор угла ОЗ на PIC16F84 " РАДИО № 3 , 2006 г.

Проконтролировать работу системы зажигания можно при помощи устройства , которое позволяет измерить частоту вращения коленчатого вала двигателя , угол замкнутого состояния контактов прерывателя и угол опережения зажигания ,формируемый приведенными выше устройствами .

Тахометр , измеритель угла замкнутого состояния контактов прерывателя и измеритель угла опережения зажигания на PIC16F84A .

В данном устройстве при измерении частоты вращения вала двигателя , также как и в тахометре из "Радио" № 7 за 2004г. стр.45-46 (автор А.Ульянов) , используется метод измерения периода импульсов зажигания с дальнейшим пересчетом в мин^{-1} (Рис.8) .

Тахометр дополнен функцией измерения угла замкнутого состояния контактов прерывателя и угла опережения зажигания .

Основной режим устройства – режим тахометра , при нажатой кнопке "УЗСК" устройство измеряет угол замкнутого состояния контактов прерывателя (от 0 до 90° по углу поворота вала трамблера) , при нажатой кнопке "УОЗ" , устройство измеряет угол опережения зажигания (от 0 до 180° по углу поворота коленчатого вала двигателя) , формируемый регулятором угла ОЗ на микроконтроллере .

Вывод показаний на светодиодный дисплей происходит посегментно (в каждый момент времени горит только один сегмент) , с гашением незначущих нулей , поэтому устройство потребляет ток всего около 30мА .

Тахометр-измеритель УЗСК – измеритель УОЗ , собран на самодельной плате из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита , размер платы 33*55 мм , с одной стороны платы на предварительно нарезанных дорожках распаян светодиодный дисплей , на противоположной стороне контроллер и остальная часть схемы . Монтаж выполнен проводом МГТФ .

Тахометр подключается следующим образом : R3 к прерывателю , R6 к катодам VD3, VD4 (Рис.3) .

Работа устройства проверена на автомобиле ВА3-21053 .

:1000E0004B30AC004030AB007B202C08B3002B0819
:1000F000B400A52019289920AF01AE010310B00D5E
:10010000B10DB20DAE0DAF0D29082F02031D8A28C7
:1001100028082E02031C93282808AE02031CAF03F4
:100120002908AF020314AB0DAC0DAD0DB80B7E2842
:1001300000341830B8002C08B1002B08B0002D088E
:10014000B200AD01AC01AB0100341030B900B50113
:10015000B601B701BD283330B507B607B70703307E
:10016000B51DB502B61DB602B71DB7023030B51FBA
:10017000B502B61FB602B71FB702B40DB30DB70D67
:10018000B60DB50DB90BAB2800346400A001A10178
:10019000A601A701061CDF280000A60FD028A70A89
:1001A0000618CD280000A00FD628A10A061CD328C7
:1001B0000000A00FDC28A10A0618D9285928A60F8C
:1001C000E228A70A061CDF280000A00FE828A10AE1
:1001D0000618E5280000A00FEE28A10A061CEB284F
:1001E000592883161030850083126400A601A701E8
:1001F000A201A3010618FA280000A60F0029A70AE9
:10020000061CFD280000A20F0629A30A06180329D0
:10021000000064005A30AB000030AC002208A80097
:100220002308A9001E21B10CB00C03185621AC0CF8
:10023000AB0CAF0CAE0CB80B132927291030B8004B
:100240002C08B1002B08B000AC01AB010034210830
:10025000A9002008A8002B08AD002E08AB002F082D
:10026000AC007B20000075288316103085008312B7
:100270006400A601A701A401A501051A3D290000FB
:10028000A60F4329A70A051E40290000A40F4929EB
:10029000A50A0618462900006400B430AB000030FF
:1002A000AC002408A8002508A90012292808AB07DB
:1002B0000318AC0A2908AC0700344420BE00023001
:1002C0003E05BF003F0986004F2004303E05BF00B9
:1002D0003F0986004F2008303E05BF003F098600D9
:1002E0004F2010303E05BF003F0986004F202030D0
:1002F0003E05BF003F0986004F2040303E05BF004D
:100300003F0986004F2080303E05BF003F09860030
:040310004F20003446
:02400E00F53F7C
:00000001FF

*PS. В настоящее время , на автомобиле автора работают устройства ,
приведенные на Рис.8 и Рис.9 .*

Шкильменский В.А.

г.Екатеринбург

b523pc@mail.ru

