

## **Лабораторная работа № 3**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ**

Цель работы – изучение принципа действия и экспериментальное определение параметров входных (информационных) и выходных (управляющих) сигналов контроллера электронной системы автоматического управления двигателем (ЭСАУД) автомобилей ВАЗ в различных режимах движения.

#### **Основные этапы работы**

1. Внеаудиторная подготовка к выполнению лабораторной работы.
2. Работа в лаборатории, связанная с проверкой принципа действия и экспериментальным определением параметров информационных и управляющих сигналов контроллера ЭСАУД в различных режимах работы.
3. Обработка и анализ полученных экспериментальных данных, оформление отчета.
4. Защита лабораторной работы.

#### **Описание экспериментальной установки**

Экспериментальная установка включает в свой состав лабораторный стенд с подключенным к нему полем контрольных точек (ПКТ) и электронный двухлучевой осциллограф.

На передней панели стенда (см. рис. 3.1) расположены:

- МЗ - модуль зажигания с высоковольтными проводами и свечами зажигания.
- ДП - дроссельный патрубок с датчиком положения дроссельной заслонки (ДПДЗ) и регулятором холостого хода (РХХ).
- ТР - топливная рампа в сборе с 4 форсунками (Ф1...Ф4) и регулятором давления РД
- ПК - приемные кюветы с вентилями (В1...В4) для приема топлива из форсунок.
- СД - спецдиск с (60-2) зубьями.
- ДМРВ - датчик массового расхода воздуха.
- ДД - датчик детонации.
- ДСА - датчик скорости автомобиля.
- СО - потенциометр.
- ДТОЖ - датчик температуры охлаждающей жидкости.
- К - контроллер.

- СЛ - сигнальная лампа.  
ДПКВ - датчик поворота коленчатого вала  
ДК - диагностическая колодка  
ДР - диагностический разъем  
RS-232 - разъем для связи стенда и ПЭВМ

В центре передней панели слева - направо расположены цифровые и мнемонические индикаторы:

- частоты вращения коленвала, об/мин;
- скорости движения автомобиля, км/час;
- напряжения на СО - потенциометре, В;
- температуры охлаждающей жидкости, °С;
- расхода воздуха, кг/час;
- напряжения в бортсети, В;
- времени открытого состояния форсунки, мс;
- угла опережения  $\theta$  зажигания, град. ПКВ.

Под каждым индикатором (за исключением двух последних) находится регулятор соответствующей величины.

Rn – изменяет значение частоты вращения спецдиска в положении 2 переключателя SA3. Если переключатель SA3 находится в положении 1, то частота вращения спецдиска изменяется в зависимости от степени открытия дроссельной заслонки.

SA<sub>V</sub> – имитирует переключения передач с первой по пятую, изменяя дискретно частоту сигнала с датчика скорости автомобиля.

R<sub>CO</sub> – имитирует сигнал СО – потенциометра.

SA<sub>T</sub> – имитирует изменение сопротивления датчика температуры охлаждающей жидкости.

SA<sub>B</sub> – имитирует сигнал с датчика расхода воздуха.

R<sub>BC</sub> – регулирует значение напряжения бортсети, питающей ЭСАУД.

Переключатели выполняют следующие функции:

- SA1 - включает стенд в сеть промышленной частоты.  
SA2 - выполняет роль ключа зажигания.  
SA3 - переключает информационные сигналы на контроллер (К): «1» – с датчика положения дроссельной заслонки (ДПДЗ), «2» – с имитатора сигналов датчика положения коленвала (ДПКВ).

# ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

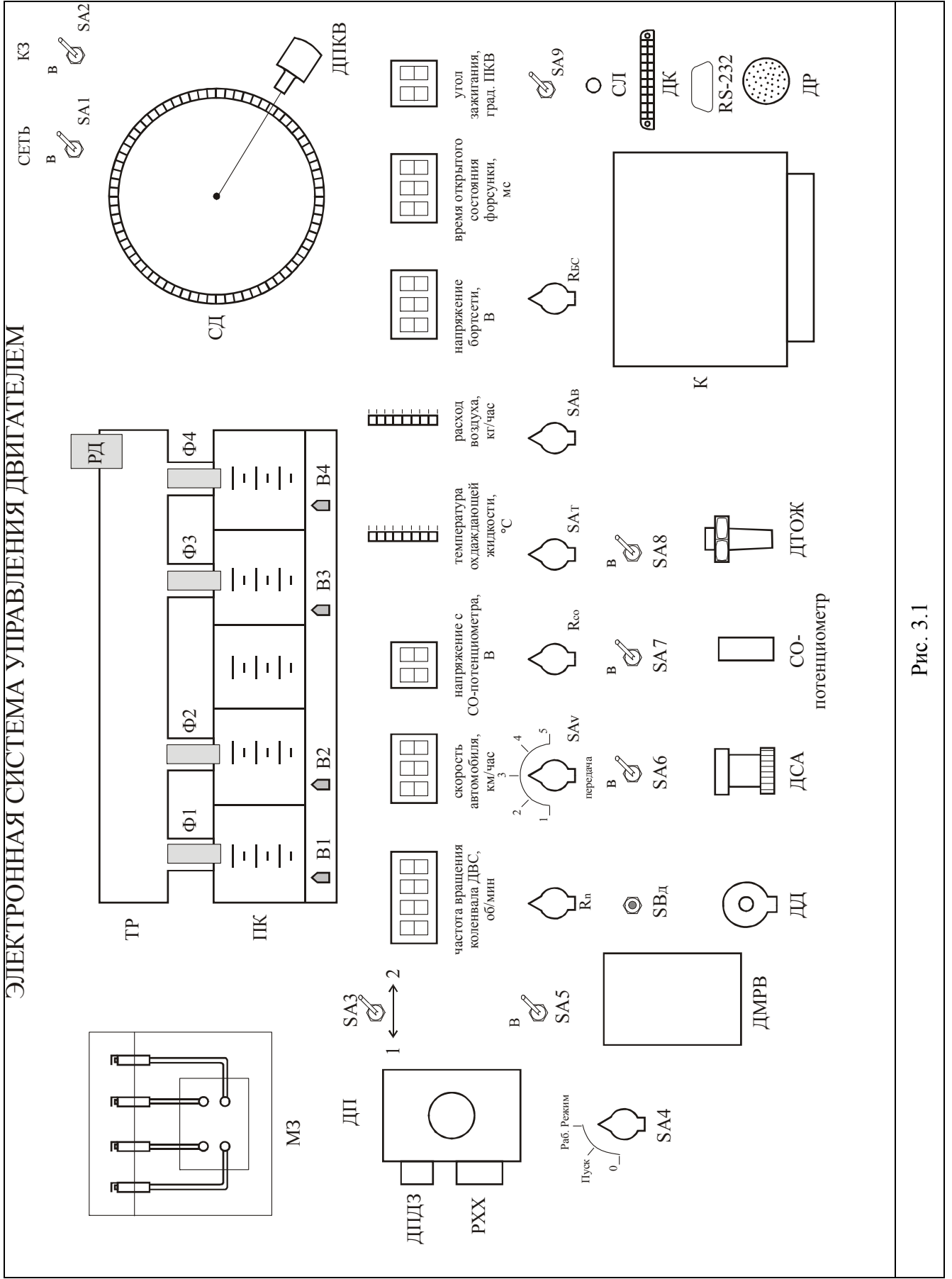


Рис. 3.1

- SA4 - задает режим работы двигателя:  
«0» – двигатель не работает,  
«Пуск» – пусковые обороты двигателя,  
«Раб.Режим» – рабочий режим работы от  $n_{ХХ}$  до  $n_{МАХ}$ .
- SA5 - в положении «В» включает сигнал с имитатора датчика массового расхода воздуха.
- SA6 - в положении «В» включает сигнал с имитатора датчика скорости автомобиля.
- SA7 - в положении «В» включает сигнал с имитатора СО- потенциометра.
- SA8 - в положении «В» включает сигнал с имитатора с датчика температуры охлаждающей жидкости.
- SA9 -отключает сигнал котроллера, поступающий в модуль зажигания.

С диагностической колодки ДК выводятся электрические сигналы на приборы диагностики. С диагностического разъема ДР выводятся сигналы из различных контрольных точек ЭСАУД с целью изучения ее работы, которые наблюдаются с помощью осциллографа на поле контактных точек (ПКТ). ПКТ подключается к ДР посредством сигнального кабеля. Сигналы, выведенные на ПКТ, перечислены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Номер контрольной точки	Название сигнала	Дополнительный комментарий
1	2	3
КТ1	Тактовые сигналы	За один оборот спецдиска (или коленвала) эти импульсы формируются 360 раз. Цена данного импульса равна 1°ПКВ (поворота коленвала)
КТ2	Синхроимпульс	Формируется 1 раз за 1 оборот коленвала и соответствует прохождению под датчиком положения коленвала первого зуба спецдиска, считая от двух отсутствующих
КТ3	Сигнал с датчика положения коленвала	За один оборот формируется количество импульсов, равное количеству зубьев спецдиска
КТ4	Сигнал, поступающий на МЗ для организации искрообразования в 1 и 4 цилиндрах	Формируется один раз за оборот. Передний фронт соответствует включению катушки зажигания. По заднему фронту (срезу) возникает искровой разряд в 1 и 4 цилиндрах ДВС.
КТ5	То же, но для 2 и 3 цилиндра	Формируется аналогично предыдущему сигналу

1	2	3
КТ6	Сигнал поступающий на форсунки 1 и 4 цилиндров	Формируется 1 раз за оборот. Отрицательный перепад напряжения соответствует началу открывания форсунки. Фронт импульса соответствует моменту закрывания форсунки.
КТ7	То же, но для форсунок 2 и 3 цилиндра	Формируется аналогично предыдущему сигналу
КТ8	Сигнал верхней мертвой точки 1-го цилиндра	Этот сигнал сдвинут относительно синхроимпульса на 114° ПКВ
КТ9	Сигнал с датчика скорости автомобиля	Для различных передач и различных частот вращения частота следования сигналов с датчика различна. Шесть периодов сигнала соответствуют прохождению пути автомобиля равного 1 м.
КТ17 КТ18 КТ19	«Масса»	Все сигналы с ПКТ наблюдаются относительно «Массы»

### Программа работы

#### 1. Внеаудиторная подготовка:

1.1. Используя конспекты лекций, учебники, учебные пособия, справочные данные, а также методические указания

– ознакомиться с назначением, принципом действия, составом и перечнем ЭСАУД, устанавливаемых на автомобилях ВАЗ;

– ознакомиться с принципом действия и особенностями схемных решений контроллеров ЭСАУД;

– найти ответы на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях.

1.2. Подготовить к заполнению таблицы по образцам, приведенным в настоящем описании.

1.3. Ознакомиться с описанием экспериментальной установки.

#### 2. Работа в лаборатории.

2.1. Включить стенд (тумблером S1) и осциллограф в сеть.

2.2. Переключатель SA3 перевести в положение «2».

2.3. Включить переключатели SA5–SA9.

2.4. Подать напряжение на ЭСАУД замыканием ключа зажигания КЗ (включением тумблера SA2).

2.5. Задать рабочий режим 1, соответствующий началу движения автомобиля с непрогретым двигателем. Для этого:

а) перевести переключатель SA4 в положение «Раб. Режим»;

б) установить переключателем SA<sub>V</sub> 1 передачу;

в) регуляторами  $R_n$ ,  $R_{CO}$ ,  $SA_B$ ,  $R_{BC}$  установить рекомендованные в табл. 3.2 значения величин, соответственно:

- частоты вращения коленвала  $n$ ,
- напряжения на СО–потенциометре  $U_{CO}$ ,
- температуры охлаждающей жидкости  $t^\circ$ ,
- расхода воздуха  $V$ ,
- напряжения бортсети  $U_{BC}$ .

ПРИМЕЧАНИЕ: с учетом сложности точного задания параметров отдельных величин, занести в табл. 3.2 реально установленные их значения согласно показаниям индикаторов стенда.

Таблица 3.2

ре- жим	номер пере- дачи	значение параметра	$n$ , об/мин	$V$ , км/ч	$U_{CO}$ , В	$t^\circ$ , °С	$V$ кг/ч	$U_{BC}$ , В	$t_{отк}$ , мс	$\theta$ , град
1	1	рекоменд.	1000		3	0°	40	13	–	–
		реальное								
2	3	рекоменд.	3000		3	100°	300	13	–	–
		реальное								
3	4	рекоменд.							–	–
		реальное								

2.6. Подключить 1 канал осциллографа к контрольной точке КТ2 ПКТ и обеспечить его внешнюю синхронизацию данным сигналом. Зарисовать осциллограмму напряжения  $u_{КТ2}$  (синхроимпульсов на выходе 2 схемы входной обработки (СВО<sub>п</sub>) сигнала с ДПКВ), отметив в табл. 3.3 масштабы разверток: вертикальной  $m_U$  и горизонтальной  $m_t$ .

Таблица 3.3

ре- жим	КТ2		КТ4		КТ5		КТ6		КТ7		КТ8		КТ9	
	$m_U$ , В/кЛ	$m_t$ , мс/кЛ	$m_U$ , В/кЛ	$m_t$ , мс/кЛ	$m_U$ , В/кЛ	$m_t$ , мс/кЛ	$m_U$ , В/кЛ	$m_t$ , мс/кЛ	$m_U$ , В/кЛ	$m_t$ , мс/кЛ	$m_U$ , В/кЛ	$m_t$ , мс/кЛ	$m_U$ , В/кЛ	$m_t$ , мс/кЛ
1														
2														
3														

2.7. Используя 2 канал осциллографа, определить в КТ3 амплитуду  $U_3$ , длительность  $t_{из}$  и период  $T_3$  импульсов напряжения  $u_{КТ3}$  (на выходе 3 СВО<sub>п</sub>).

2.8. Подключая поочередно 2 канал осциллографа к контрольным точкам КТ4–КТ9, снять осциллограммы соответствующих напряжений, занеся в табл. 3.3 масштабы разверток.

2.9. Исследовать один из других режимов работы двигателя, перечисленных в табл. 3.2:

2 – движение со средней скоростью и прогретым двигателем;

3 – по указанию преподавателя.

2.10. Отметив реально полученные значения параметров, повторить исследования согласно пп. 2.6–2.8.

2.11. Выключить зажигание (тумблером SA2).

2.12. Отключить стенд и осциллограф от сети.

### 3 Обработка экспериментальных данных.

3.1. По осциллограммам напряжения  $u_{КТ2}$  (с учетом масштабов разверток) определить:

а) амплитуду синхроимпульсов  $U_2$ ;

б) их период  $T_2$ ;

в) длительность  $t_{и2}$ ;

г) частоту вращения коленвала

$$n = 60/T_2.$$

3.2. Используя сигналы  $u_{КТ2}$  и  $u_{КТ3}$ , определить число зубьев спец-диска ДПКВ

$$k = \frac{T_2}{T_3} - 2.$$

3.3. По осциллограммам напряжений  $u_{КТ4}$  и  $u_{КТ5}$  определить соответственно:

а) амплитуды импульсов управления зажиганием:

– 1, 4 цилиндров  $U_4$ ;

– 2, 3 цилиндров  $U_5$ ;

б) время накопления энергии в катушках зажигания (длительности импульсов управления)  $t_{и4}$  и  $t_{и5}$ ;

в) время задержек искрообразования  $\Delta t_4$  и  $\Delta t_5$  относительно синхроимпульса, как интервалы времени между фронтом сигнала  $u_{КТ2}$  и срезами импульсов  $u_{КТ4}$  и  $u_{КТ5}$ , а также их угловые значения (в градусах ПКВ)

$$\alpha_4 = \frac{\Delta t_4 \cdot 360^\circ}{T_2},$$

$$\alpha_5 = \frac{\Delta t_5 \cdot 360^\circ}{T_2};$$

г) временной сдвиг моментов искрообразования в 1, 4 и 2, 3 цилиндрах  $\Delta T_{и}$  (интервал времени между срезами импульсов  $u_{КТ4}$  и  $u_{КТ5}$ ), а также его угловое значение (в градусах ПКВ)

$$\varphi_{и} = \frac{\Delta T_{и} \cdot 360^{\circ}}{T_2}.$$

3.4. По осциллограммам напряжений  $u_{КТ6}$  и  $u_{КТ7}$  определить соответственно:

а) амплитуды импульсов управления форсунками

– 1, 4 цилиндров  $U_6$ ;

– 2, 3 цилиндров  $U_7$ ;

б) время задержек (опережений) впрыска  $\Delta t_6$  и  $\Delta t_7$  относительно синхроимпульса, как интервалы времени между фронтом сигнала  $u_{КТ2}$  и срезами (отрицательными перепадами) импульсов  $u_{КТ6}$  и  $u_{КТ7}$ , а также их угловые значения  $\alpha_6$  и  $\alpha_7$  (в градусах ПКВ) аналогично пп. 3.3,в;

в) время открытого состояния форсунок  $t_{и6}$  и  $t_{и7}$  (длительности отрицательных импульсов);

г) временной сдвиг  $\Delta T_{в}$  моментов впрыска в 1, 4 и 2, 3 цилиндрах, как интервал времени между отрицательными перепадами напряжений  $u_{КТ6}$  и  $u_{КТ7}$ , и угловое его значение  $\varphi_{в}$  аналогично п. 3.3,з.

3.5. По осциллограммам напряжения  $u_{КТ8}$  определить его амплитуду  $U_8$  и длительность отрицательного импульса  $t_{и8}$ , временной сдвиг  $\Delta T_{с}$  синхроимпульса относительно ВМТ 1 цилиндра, как интервал времени между фронтом сигнала  $u_{КТ2}$  и отрицательным перепадом напряжения  $u_{КТ8}$ , а также угловое его значение  $\varphi_{с}$  (в градусах ПКВ) аналогично п. 3.3,з.

3.6. По осциллограммам напряжения  $u_{КТ9}$  определить:

а) амплитуду импульсов  $U_9$  на выходе схемы входной обработки сигнала ДСА;

б) их период  $T_9$ , длительность  $t_{и9}$  и скважность  $Q_9 = T_9 / t_{и9}$ ;

в) скорость движения автомобиля

$$V = 0,6 / T_9, \text{ км/ч}$$

3.7. Определить углы опережения зажигания (в градусах ПКВ):

а) в 1, 4 цилиндрах

$$\theta_{14} = \varphi_{с} - \alpha_4;$$

б) во 2, 3 цилиндрах

$$\theta_{23} = 180^{\circ} + \varphi_{с} - \alpha_5.$$

3.8. Результаты расчетов занести в табл. 3.4.

3.9. Проанализировать полученные результаты, сравнив их с показаниями индикаторов стенда, теоретическими значениями и паспортными данными контроллера.



## Методические указания

Повышение технико–экономических и, особенно, экологических показателей работы двигателя внутреннего сгорания невозможно в настоящее время без применения электронных средств регулирования.

Производительность современных микропроцессоров позволяет осуществлять комплексное управление функциями впрыска топлива и зажигания средствами единого электронного устройства, называемого контроллером. На основе разнообразной входной информации от датчиков, входящих в состав электронной системы автоматического управления двигателем (ЭСАУД), контроллер, обрабатывая полученные данные, определяет рабочий режим двигателя, производит расчет параметров необходимых управляющих воздействий, которые через выходные каскады согласования поступают к исполнительным устройствам, непосредственно воздействующими на характеристики систем впрыска и зажигания, обеспечивая точное дозирование топлива и оптимальный момент зажигания.

В настоящее время автомобили ВАЗ комплектуются ЭСАУД на основе контроллеров как зарубежных разработок (GM фирмы «Дженерал Моторз», BOSCH – фирмы «Бош»), так и собственных (Январь). В табл. 3.5 приведен перечень некоторых типов ЭСАУД для автомобилей ВАЗ. Основные их отличия связаны с обеспечением различных норм токсичности отработавших газов (ОГ). Так, ЭСАУД на основе контроллера BOSCH MP7.0 обеспечивает соответствие нормам токсичности «Евро–3», при использовании BOSCH M1.5.4N, взаимозаменяемого с ним отечественного «Январь» 5.1 и GM ISFI –2S (в большинстве случаев) выполняется соответствие автомобилей требованиям «Евро–2». В состав всех типов таких ЭСАУД входят датчик кислорода (ДК), система улавливания паров бензина (СУПБ) и нейтрализатор ОГ.

Для отечественных условий эксплуатации (нормы «Россия–83») используются ЭСАУД на основе контроллеров BOSCH M1.5.4, Январь 5.1.1, Январь 4.1, укомплектованные регулятором содержания окиси углерода в ОГ (СО–потенциометром).

Таблица 3.4

режим	$U_2$ , В	$T_2$ , мс	$t_{и2}$ , мс	$n$ , об/мин	$U_3$ , В	$T_3$ , мс	$t_{и3}$ , мс	$\kappa$	$U_4$ , В	$U_5$ , В	$t_{и4}$ , мс	$t_{и5}$ , мс	$\Delta t_4$ , мс	$\Delta t_5$ , мс	$\alpha_4$ , °ПКВ	$\alpha_5$ , °ПКВ	$\Delta T_{и}$ , мс	$\Phi_{и}$ , °ПКВ
1																		
2																		
3																		

продолжение таблицы 3.4

ре- жим	$U_6$ , В	$U_7$ , В	$\Delta t_6$ , мс	$\Delta t_7$ , мс	$\alpha_6$ , °ПКВ	$\alpha_7$ , °ПКВ	$t_{и6}$ , мс	$t_{и7}$ , мс	$\Delta T_{в}$ , мс	$\varphi_{в}$ , °ПКВ	$U_8$ , В	$t_{и8}$ , мс	$\Delta T_{с}$ , мс	$\varphi_{с}$ , °ПКВ	$U_9$ , В	$T_9$ , мс	$t_{и9}$ , мс	$Q_9$	$V$ , км/ч	$\theta_{14}$ , °ПКВ	$\theta_{23}$ , °ПКВ	
1																						
2																						
3																						

Таблица 3.5

№ пп.	Модель автомобиля	Двигатель	Тип контроллера	Номер ВАЗ контроллера	Комплектация
1	21083/93/99 21102	1,5 литра 8 клапанов	GM ISFI-2S	2111-1411020-10 2111-1411020-20 2111-1411020-21	нейтрализатор, датчик кислорода СУПБ
2	21103	1,5 литра 16 клапанов	GM ISFI-2S	2112-1411020	СО-потенциометр
3	21083/93/99 21102	1,5 литра 8 клапанов	Январь 4. 1	2111-1411020-22	СО-потенциометр
4	21103	1,5 литра 16 клапанов	Январь 4.1	2112-1411020-01	СО-потенциометр
5*	21083/93/99 21102	1,5 литра 8 клапанов	BOSCH M1.5.4	2111-1411020	СО-потенциометр
6*	21083/93/99 21102	1,5 литра 8 клапанов	BOSCH MP7.0	2111-1411020-40	нейтрализатор, датчик кислорода СУПБ
7*	21083/93/99 21102	1,5 литра 8 клапанов	BOSCH M1.5.4N	2111-1411020-60	нейтрализатор, датчик кислорода СУПБ
8*	21103	1,5 литра 16 клапанов	BOSCH M1.5.4N	2112-1411020-40	нейтрализатор, датчик кислорода СУПБ
9*	21083/93/99 21102	1,5 литра 8 клапанов	Январь 5.1	2111-1411020-61	нейтрализатор, датчик кислорода СУПБ
10*	21103	1,5 литра 16 клапанов	Январь 5.1	2112-1411020-41	нейтрализатор, датчик кислорода. СУПБ
11*	21214	1,7 литра 8 клапанов	BOSCH MP7.0	2123-1411020-10	нейтрализатор, датчик кислорода СУПБ
12*	21083/93/99 21102	1,5 литра 8 клапанов	BOSCH M1. 5.4	2111-1411020-70	СО-потенциометр
13*	21083/93/99 21102	1,5 литра 8 клапанов	Январь 5.1.1	2111-1411020-71	СО-потенциометр

Используемый в данной работе лабораторный стенд позволяет моделировать работу ЭСАУД ВАЗ на базе контроллера BOSCH M1.5.4. Данный контроллер обеспечивает определение следующих рабочих параметров:

- положения коленвала двигателя;
- частоты вращения коленвала  $n$ ;
- массового расхода воздуха  $B$ ;
- температуры охлаждающей жидкости  $t^{\circ}$ ;
- положения дроссельной заслонки;
- напряжения бортовой сети  $U_{бс}$ ;

- включения зажигания;
- скорости автомобиля  $V$ ;
- включения кондиционера;
- наличия детонации;
- напряжения на СО–потенциометре;
- пароля с блока управления противоугонной системы АПС–4.

На основании полученной и обработанной информации контроллер вырабатывает сигналы управления:

- длительностью открытого состояния форсунок;
- работой электробензонасоса;
- углом опережения зажигания  $\theta$  и временем накопления энергии в катушках зажигания;
- регулятором холостого хода;
- муфтой компрессора кондиционера (при его наличии);
- тахометром;
- вентилятором системы охлаждения;
- контрольной лампой диагностики неисправностей «CHECK ENGINE» («Проверь двигатель»);
- режимами техобслуживания (через диагностическую колодку ДК);
- маршрутным компьютером (сигналы скорости автомобиля и расхода топлива);
- главным реле.

Таким образом, контроллер согласует работу всех датчиков и систем, входящих в состав ЭСАУД.

На рис. 3.2 приведена структурная схема исследуемого контроллера. В его состав входят:

- схема входной обработки СВО<sub>п</sub> сигнала датчика положения коленчатого вала ДПКВ;
- коммутатор К сигналов аналоговых датчиков;
- аналого–цифровой преобразователь АЦП;
- схема входной обработки СВО<sub>д</sub> сигнала датчика детонации ДД;
- четырехразрядная однокристалльная ЭВМД, обеспечивающая обработку сигнала, поступающего с ДД;

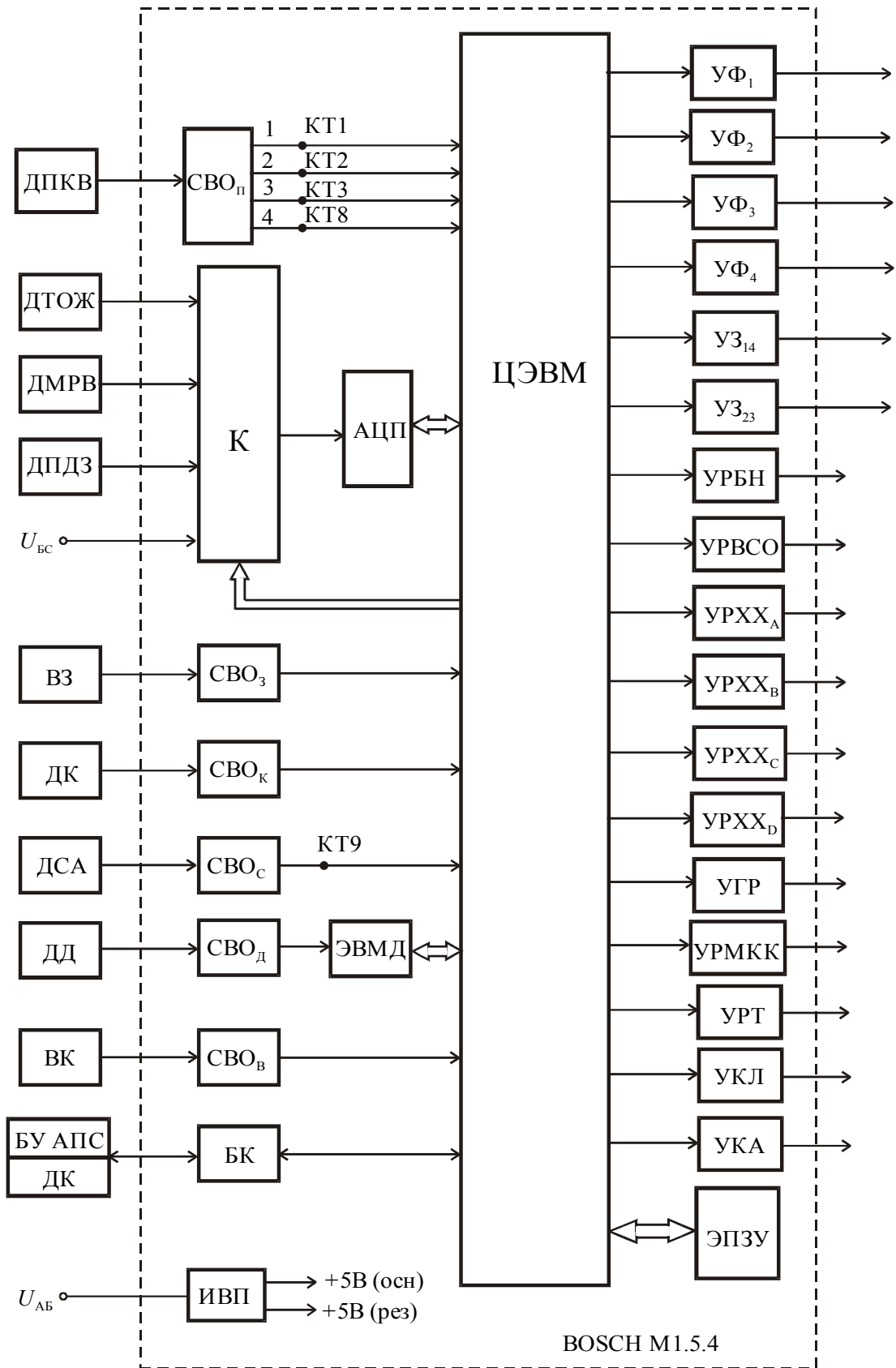


Рис. 3.2

- схема входной обработки СВО<sub>с</sub> сигнала датчика скорости автомобиля ДСА;
- схема входной обработки СВО<sub>з</sub> сигнала с выключателя зажигания ВЗ;
- схема входной обработки СВО<sub>к</sub> сигнала запроса на включение кондиционера ВК;
- буферный каскад БК, обеспечивающий обмен информацией с блоком управления автомобильной противоугонной системы БУ АПС и внешними устройствами, подключаемыми к диагностической колодке ДК;
- центральная ЭВМ контроллера;
- электрически перепрограммируемое запоминающее устройство ЭПЗУ;
- усилители сигналов управления форсунками УФ<sub>14</sub> и УФ<sub>23</sub> соответственно 1, 4 и 2, 3 цилиндров ДВС;
- усилители сигналов управления модулем зажигания УЗ<sub>14</sub> и УЗ<sub>23</sub>, обеспечивающих искрообразование соответственно в 1, 4 и 2, 3 цилиндрах ДВС;
- усилитель сигнала управления реле электробензонасоса УРЭБН;
- усилитель сигнала управления реле вентилятора системы охлаждения УРВСО;
- усилитель–формирователь сигналов управления регулятором холостого хода УРХХ;
- усилитель сигнала управления главным реле УГР;
- усилитель сигнала управления реле муфты компрессора кондиционера УРМКК;
- усилитель сигнала расхода топлива УРТ;
- усилитель сигнала управления контрольной лампой «CHECK ENGINE» УКЛ;
- источник вторичного электропитания ИВП.

ИВП обеспечивает питание интегральных микросхем ЦЭВМ и ЭВМД постоянным напряжением +5В. Причем в целях повышения надежности работы контроллера ИВП имеет два выхода: основной (рабочий) и дополнительный (резервный).

ЦЭВМ представляет собой специализированную однокристалльную 8–разрядную ЭВМ, содержащую основные функциональные элементы: процессор П, постоянное ПЗУ и оперативное ОЗУ запоминающие устрой-

ства. На основе входных сигналов ЦЭВМ рассчитывает для данного состояния двигателя оптимальные значения количества впрыскиваемого топлива, угол опережения зажигания, частоту вращения коленвала в режиме холостого хода и другие параметры, формирует соответствующие сигналы управления, обеспечивает диагностическую проверку функционирования различных устройств ЭСАУД, связь с внешними устройствами, такими, как АПС, маршрутный компьютер, приборы диагностики неисправностей. Упрощенный алгоритм работы ЦЭВМ представлен на рис. 3.3. Следует, правда, отметить, что выходные сигналы управления впрыском и зажиганием выдаются в оптимальной временной последовательности за счет такой обработки входной информации, при которой приоритет отдается именно зажиганию, а не впрыску. Если во время расчета коррекции впрыска необходимо сформировать выходной сигнал на модуль зажигания, то расчет коррекции впрыска приостанавливается, производится расчет и выдача сигнала управления зажиганием. И только затем продолжается расчет коррекции впрыска.

В связи с особенностями электропитания ЭВМ цифровые сигналы, поступающие с датчиков, не могут быть непосредственно поданы на их входы. Поэтому в схеме контроллера применены схемы входной обработки, обеспечивающие согласование уровней сигналов датчиков с логическими уровнями применяемых ЭВМ. Так, для сигналов с ВК и ВЗ уровень логической «1» соответствует напряжению бортовой сети, поэтому СВО<sub>к</sub> и СВО<sub>з</sub> обеспечивают понижение его до стандартного для цифровых микросхем значения +5В.

СВО<sub>с</sub> помимо согласования уровней, обеспечивает также формирование более крутых фронтов сигнала с ДСА (дет. 2110–3843010). Питание ДСА осуществляется от бортовой сети. Его импульсный сигнал используется контроллером для управления работой системы впрыска.

Выходной сигнал ДД (дет. 2112–3855020), вариант формы которого показан на рис. 3.4,а, представляет собой переменное напряжение сложной формы (3–4 периода с нарастающей амплитудой и 2–3 с затухающей), поэтому для его обработки помимо СВО<sub>д</sub> применяется еще и специализированная ЭВМД, чтобы не перегружать ЦЭВМ операциями по выявлению детонации ДВС. Сигнал ДД используется контроллером для коррекции угла опережения зажигания с целью гашения детонации.

СВО<sub>п</sub> обеспечивает обработку сигнала индуктивного ДПКВ (дет. 2112–384710), образцовая форма которого изображена на рис. 3.4,б, и формирование на его основе на своих выходах четырех сигналов:

– тактовых импульсов (360 за один оборот коленвала: 1 импульс – 1°ПКВ),

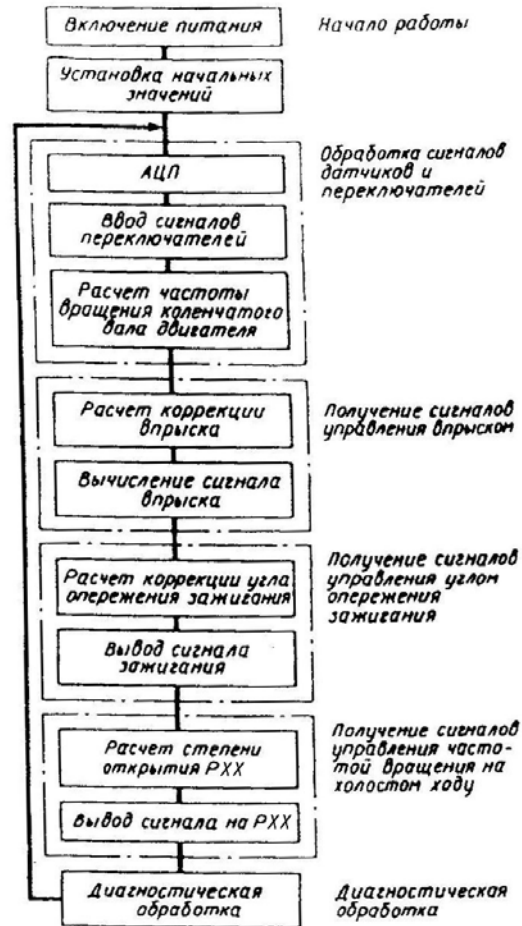


Рис. 3.3

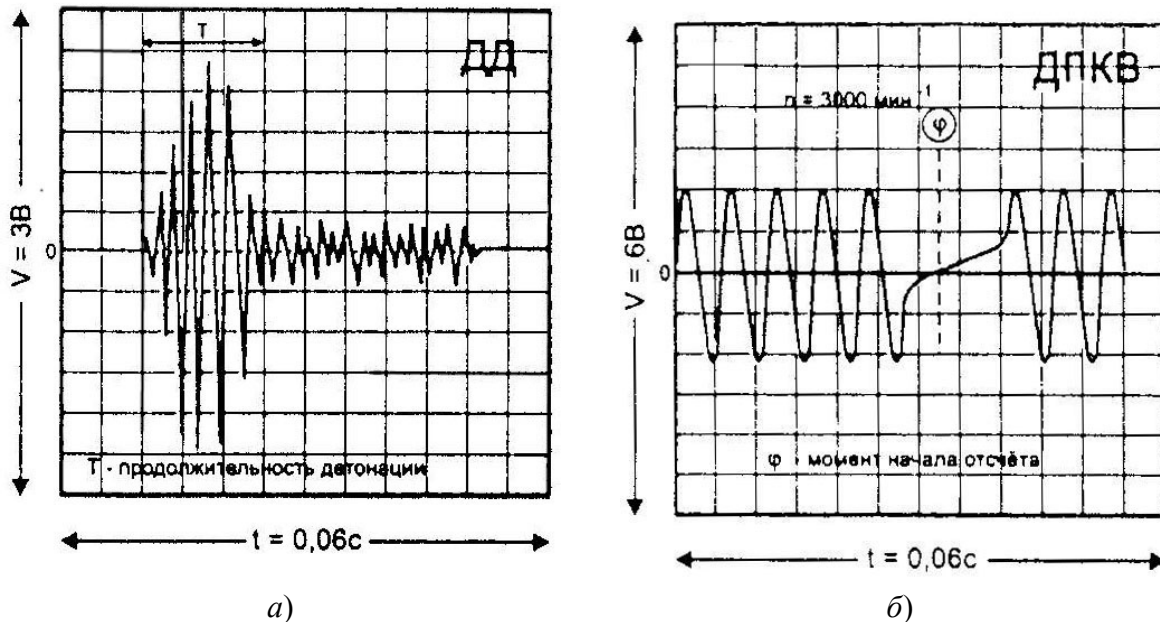


Рис. 3.4



– синхроимпульса (начала отсчета –  $114^\circ$ ПКВ до верхней мертвой точки 1 цилиндра);

– положения коленвала (число импульсов – 58 за один оборот – равно числу зубьев шкива коленвала, равноудаленных друг от друга и расположенных по окружности через  $6^\circ$ );

– импульса, соответствующего верхней мертвой точке 1 цилиндра ДВС.

Сигнал ДПКВ используется контроллером для определения положения и частоты вращения коленчатого вала, расчета моментов срабатывания форсунок и модуля зажигания.

Коммутатор К обеспечивает подключение ко входу 11-разрядного АЦП (со временем преобразования 4 мс) аналоговых сигналов напряжения постоянного тока датчиков температуры охлаждающей жидкости ДТОЖ, датчика массового расхода воздуха ДМРВ, датчика положения дроссельной заслонки ДПДЗ, СО – потенциометра СО–П, а также напряжения бортовой сети  $U_{БС}$ .

Диапазон выходного напряжения ДПДЗ (дет. 2112–1148200) составляет от 0 до 5В. Напряжение питания, поступающее от контроллера, стабилизированное 5В. Сигнал ДПДЗ используется контроллером для задания режима принудительного холостого хода, управления процессом впрыска. Причем, при резком нажатии на рычаг управления дроссельной заслонкой контроллер воспринимает быстро возрастающее напряжение на выходе ДПДЗ и увеличивает соответственно длительность импульсов управления форсунками, а также формирует и дополнительные импульсы, обеспечивающие открытое их состояние.

Диапазон изменения выходного напряжения ДТОЖ (дет. 2112–385010) – от 0 до 5В в диапазоне сопротивления от  $100700 \text{ Ом} \pm 2\%$  при  $-40^\circ\text{C}$  до  $70 \text{ Ом} \pm 2\%$  при  $130^\circ$ ). Контроллер подает на ДТОЖ напряжение +5В через резистор с постоянным сопротивлением (входящий в состав контроллера). Температура охлаждающей жидкости рассчитывается по таблице, заложенной в ПЗУ ЦЭВМ. Сигнал ДТОЖ является одним из основных при определении контроллером параметров систем зажигания и впрыска.

Диапазон сигналов ДМРВ (дет. 21083–1130010–01) – от 1 до 5В (в диапазоне расхода 10–500 кг/ч ток нагрева регулируется от 0,5 до 1,2А). Напряжение питания стабилизированное +5В. Контроллер, получая сигнал ДМРВ, использует свои таблицы данных и определяет соответствующую длительность открытого состояния форсунок.

Диапазон изменения выходного напряжения датчика СО–П (дет. 2112–1413120) составляет 0–5В.

Для согласования уровня напряжения  $U_{BC}$  с допустимым диапазоном входных сигналов АЦП используется делитель напряжения.

АЦП обеспечивает преобразование напряжения постоянного тока в цифровой код с быстродействием, достаточным для отслеживания быстрых изменений сигналов датчиков.

Поскольку выходные сигналы ЦЭВМ не могут быть использованы непосредственно из-за их малой мощности, управление исполнительными устройствами ЭСАУД осуществляется с помощью соответствующих усилителей.

В зависимости от заложенного в ПЗУ ЦЭВМ алгоритма работы ЭСАУД возможна реализация двух вариантов прерывистого многоступенчатого впрыска: одновременного и группового. В первом случае отрицательные импульсы, соответствующие открытому состоянию форсунок, поступают на входы усилителей  $УФ_{14}$  и  $УФ_{23}$  одновременно. Во втором – фазовый сдвиг между отрицательными перепадами (от уровня логической «1» к «0») сигналов, поступающих на  $УФ_{14}$  и  $УФ_{23}$  составляет  $180^\circ$  ПКВ (т.е. половину оборота коленвала).

Моменты искрообразования соответствуют срезам (перепадам от уровня логической «1» к «0») импульсов на входах усилителей  $УФ_{14}$  и  $УФ_{23}$  управляющих работой модуля зажигания (дет. 2112–3705010) по методу «холостой искры», причем длительность этих импульсов и, следовательно, время накопления энергии, зависят от напряжения  $U_{BC}$ , измеряемого контроллером.

Включение компрессора кондиционера осуществляется через УРМКК (низким уровнем – замыканием на массу реле его муфты) при выполнении следующих условий:

- на входе контроллера присутствует высокий уровень сигнала от выключателя кондиционера ВК;
- с момента пуска двигателя прошло более 5 с;
- дроссельная заслонка открыта не более, чем на 85%;
- напряжение бортовой сети не более 16,5В.

Включение вентилятора системы охлаждения производится с помощью УРВСО низким уровнем сигнала (замыканием на массу его реле) при соблюдении одного из трех условий:

- 1) температура охлаждающей жидкости превышает  $105^\circ\text{C}$ ;
- 2) независимо от ее температуры, при включенном компрессоре кондиционера;
- 3) при наличии в ЭПЗУ кода неисправности ДТОЖ, причем работа вентилятора продолжается или до очистки кода, или до остановки двигателя.

Включение главного реле осуществляется при появлении высокого уровня сигнала от выключателя зажигания ВЗ низким уровнем сигнала на выходе УГР. При выключении зажигания контроллер задерживает отключение главного реле примерно на 10 с.

Включение электробензонасоса производится также по сигналу от выключателя зажигания (низким уровнем на выходе УРЭБН). Однако при отсутствии сигналов с ДПКВ (неработающем двигателе) в течение 3 с контроллер выключает его реле. В случае же появления импульсов с ДПКВ работа бензонасоса возобновляется.

Контроллер управляет частотой вращения коленвала в режиме холостого хода путем подачи требуемого числа импульсов управления в нужной последовательности на трехфазный шаговый двигатель РХХ через усилители УРХХ<sub>В</sub>, УРХХ<sub>С</sub>, УРХХ<sub>Д</sub>. Диапазон перемещения штока регулятора холостого хода – от 0 шагов (подача воздуха по каналу в обход дроссельной заслонки перекрыта) до 255 шагов (канал открыт полностью). При прогревом двигателя контроллер, управляя перемещением штока, поддерживает постоянной частоту вращения коленвала на холостом ходу независимо от состояния двигателя и его нагрузки (включение электроклапана, кондиционера и т.д.). Кроме того, при резком закрытии дроссельной заслонки в режиме торможения двигателем, контроллер с помощью РХХ увеличивает подачу воздуха в обход заслонки, обеспечивая обеднение топливовоздушной смеси, чем обеспечивается снижение уровня углеводородов и окиси углерода в ОГ.

В процессе работы контроллер осуществляет постоянную диагностику всех устройств, входящих в состав ЭСАУД. В случае обнаружения неисправностей в ЭПЗУ заносятся соответствующие коды, и включается контрольная лампа «CHECK ENGINE» («Проверь двигатель»). Если обнаруженная неисправность после ее регистрации исчезает, контрольная лампа по истечении некоторого промежутка времени гаснет, однако код данной неисправности остается в памяти контроллера. После считывания неисправностей специализированными приборами, (например DST–2) подключаемыми к колодке диагностики, они удаляются (стираются) этими приборами из ЭПЗУ, после чего контрольная лампа гаснет.

При наличии автомобильной противоугонной системы (АПС) контроллер при включении зажигания посылает блоку управления БУАПС запрос по общей шине диагностики «к» (контакт 55).

Если АПС установлена, контроллер получает от нее код–пароль, который сравнивается с хранящимся в ЭПЗУ. По результату анализа кода контроллер принимает решение о возможности пуска и работы двигателя. При этом контроллер может находиться в одном из двух состояний:

- с выключенной функцией иммобилизации («чистый»), когда пуск двигателя разрешен независимо от принятого от БУ АПС кода;
- с включенной функцией иммобилизации («спаренный»), когда пуск двигателя возможен только при совпадении принятого кода с хранящимся в ЭПЗУ.

Если в состав электрооборудования автомобиля входит маршрутный компьютер, то с выхода УРТ на него выдается сигнал, частота импульсов которого зависит от частоты следования и длительности импульсов впрыска. Таким образом в маршрутном компьютере формируется информация о расходе топлива.

В табл. 3.6 приведено описание контактов разъема контроллера BOSCH M1.5.4, а на рис. 3.5 приведен примерный вид временных диаграмм напряжений в контрольных точках (КТ), номера которых соответствуют схеме на рис. 3.2.

### **Контрольные вопросы**

1. Каково назначение контроллеров ЭСАУД?
2. В чем отличие ЭСАУД на основе контроллеров BOSCH M5.4.1 и Январь 5.1.1 от использующих другие типы контроллеров?
3. Каково назначение отдельных устройств, входящих в состав контроллера?
4. В чем состоят особенности обработки аналоговых и цифровых сигналов датчиков, поступающих на вход контроллера?
5. Какой вариант впрыска реализован в данной ЭСАУД?
6. От чего зависит длительность импульсов управления модулем зажигания?
7. На сколько °ПКВ сдвинут синхросигнал, формируемый ДПКВ относительно ВМТ 1–4 цилиндров?
8. Как по сигналу с ДСА определить скорость движения автомобиля?
9. Как по осциллограммам определить моменты искрообразования в цилиндрах ДВС?
10. Почему нельзя использовать непосредственно сигналы с выходов ЦЭВМ для управления устройствами ЭСАУД?
11. Каковы диапазоны выходных аналоговых сигналов датчиков, используемых в ЭСАУД?

Таблица 3.6

Контакт	Цепь	Контакт	Цепь
1	<b>Выход управления зажиганием 1 и 4 цилиндров.</b> По этой цепи контроллер посылает импульсный сигнал управления коммутатором катушки зажигания 1 и 4 цилиндров на контакт "В" модуля зажигания.	16	<b>Резервный.</b>
2	<b>Резервный.</b>	17	<b>Резервный.</b>
3	<b>Выход управления реле электробензонасоса.</b> Включение зажигания является для контроллера сигналом на запитку реле электробензонасоса. При отсутствии сигналов датчика положения коленчатого вала в течение 3 с контроллер выключает реле. При поступлении сигналов датчика положения коленчатого вала контроллер вновь включает реле электробензонасоса.	18	<b>Вход неотключаемого напряжения.</b> Постоянное питание контроллера от бортовой сети автомобиля поступает, в том числе, при выключенном зажигании. Напряжение поступает через плавкий предохранитель.
4	<b>Выход управления регулятором холостого хода (клемма А).</b> Напряжение на контакте трудно предсказать, и его измерение в целях обслуживания не осуществляется.	19	<b>Вход "Логическое заземление".</b> Напряжение на контакте должно быть близким к нулю.
5	<b>Резервный.</b>	20	<b>Выход управления зажиганием 2 и 3 цилиндров.</b> По этой цепи контроллер посылает импульсный сигнал управления коммутатором катушки зажигания 2 и 3 цилиндров на контакт "А" модуля зажигания.
6	<b>Выход управления реле вентилятора системы охлаждения.</b> Контроллер управляет реле путем замыкания цепи на массу. При этом напряжение становится близким к нулю. В отсутствие сигнала управления на контакте присутствует напряжение бортовой сети.	21	<b>Выход управления регулятором холостого хода (клемма С).</b> Напряжение на контакте трудно предсказать, и его измерение в целях обслуживания не осуществляется.
7	<b>Вход сигнала датчика массового расхода воздуха.</b> Аналоговый сигнал с датчика массового расхода воздуха, величина которого изменяется в зависимости от количества поступающего в двигатель воздуха.	22	<b>Выход управления контрольной лампой "CHECK ENGINE".</b> Контроллер включает лампу, замыкая ее цепь на массу. При включенной контрольной лампе напряжение на контакте должно быть близким к нулю. Когда контрольная лампа выключена, на контакте присутствует напряжение бортовой сети.
8	<b>Резервный.</b>	23	<b>Резервный.</b>
9	<b>Вход сигнала датчика скорости автомобиля.</b> Напряжение бортовой сети автомобиля поступает на этот контакт через внутренний резистор контроллера. Датчик импульсно замыкает цепь на массу. Частота импульсов изменяется в зависимости от скорости автомобиля. Сигнал датчика скорости автомобиля поступает также на маршрутный компьютер.	24	<b>Вход "Силовое заземление".</b> Напряжение на контакте должно быть близким к нулю.
10	<b>Резервный.</b>	25	<b>Выход управления реле муфты компрессора кондиционера.</b> Замыкается на массу для запитки реле управления муфтой компрессора кондиционера. Напряжение ниже 1 В, когда контроллер запрашивает реле. Если контроллер не запрашивает реле, на контакте присутствует напряжение бортовой сети.
11	<b>Вход сигнала датчика детонации.</b> Сигнал представляет собой напряжение переменного тока, амплитуда и частота которого зависят от вибрации двигателя.	26	<b>Выход управления регулятором холостого хода (клемма В).</b> Напряжение на контакте трудно предсказать, и его измерение в целях обслуживания не осуществляется.
12	<b>Выход напряжения питания датчиков.</b> Выход напряжения питания на датчик положения дроссельной заслонки и датчик массового расхода воздуха. При включенном зажигании напряжение близко к +5 В.	27	<b>Вход сигнала напряжения с выключателя зажигания.</b> Сигнал с выключателя зажигания не является питанием контроллера, он информирует контроллер о том, что зажигание включено. Напряжение равно напряжению бортовой сети автомобиля, когда ключ зажигания находится в положении "Зажигание" или "Стартер".
13	<b>Линия "L" диагностики.</b> Не используется.	28	<b>Резервный.</b>
14	<b>Вход "Силовое заземление".</b> Напряжение на контакте должно быть близким к нулю.		
15	<b>Выход управления форсунками 1 и 4 цилиндров.</b> Напряжение бортовой сети поступает на данный контакт через обмотки форсунок. Контроллер импульсно замыкает цепь на массу в соответствии с частотой вращения коленчатого вала. Длительность импульсов впрыска зависит от режима работы двигателя.		

Продолжение таблицы 3.6

Контакт	Цепь	Контакт	Цепь
29	<b>Выход управления регулятором холостого хода (клемма D).</b> Напряжение на контакте трудно предсказать, и его измерение в целях обслуживания не осуществляется.	46	<b>Выход управления главным реле.</b> На контакте присутствует напряжение бортовой сети, если реле не включено. Если реле включено, напряжение близко к нулю. Для контроллера сигналом на включение главного реле является сигнал включения зажигания, поступающий с выключателя зажигания на контакт "27" контроллера. При выключении зажигания контроллер задерживает выключение главного реле на время около 10 с.
30	<b>Выход массы датчиков:</b> температуры охлаждающей жидкости, положения дроссельной заслонки, СО-потенциометра. Напряжение на контакте должно быть близким к нулю.	47	<b>Резервный.</b>
31	<b>Резервный.</b>	48	<b>Выход массы датчика положения коленчатого вала.</b> Напряжение на контакте должно быть близким к нулю.
32	<b>Резервный.</b>	49	<b>Вход сигнала датчика положения коленчатого вала.</b> При вращении коленчатого вала двигателя на контакте присутствует сигнал напряжения переменного тока, близкий по форме к синусоиде, с частотой и амплитудой, пропорциональными оборотам. При включенном зажигании и отсутствии вращения коленчатого вала в случае исправной цепи датчика напряжение на контакте равно нулю, а в случае обрыва в цепи близко к +5 В.
33	<b>Выход управления форсунками 2 и 3 цилиндров.</b> Напряжение бортовой сети поступает на данный контакт через обмотки форсунок. Контроллер импульсно замыкает цепь на массу в соответствии с частотой вращения коленчатого вала. Длительность импульсов впрыска зависит от режима работы двигателя.	50	<b>Резервный.</b>
34	<b>Резервный.</b>	51	<b>Резервный.</b>
35	<b>Резервный.</b>	52	<b>Резервный.</b>
36	<b>Резервный.</b>	53	<b>Вход сигнала датчика положения дроссельной заслонки.</b> Напряжение постоянного тока, зависящее от степени открытия дроссельной заслонки. Изменяется в диапазоне от 0 до +5 В. Как правило, на холостом ходу напряжение ниже +1 В, а при полностью открытой дроссельной заслонке напряжение выше +4 В.
37	<b>Вход отключаемого напряжения.</b> Напряжение бортовой сети поступает с нормально разомкнутых контактов главного реле.	54	<b>Выход сигнала расхода топлива.</b> Контроллер выдает сигнал прямоугольной формы на маршрутный компьютер. Частота следования импульсов меняется в зависимости от частоты следования и длительности импульсов впрыска. Когда двигатель не работает, напряжение сигнала должно быть около +12 В. Когда двигатель работает, напряжение снижается с увеличением длительности и частоты следования импульсов впрыска. Сигнал используется маршрутным компьютером для отображения расхода топлива.
38	<b>Резервный.</b>	55	<b>Линия "К" диагностики.</b> Контакт соединен с контактом "18" блока управления АПС. При включении зажигания контроллер обменивается информацией с АПС по этой линии и, если АПС снят с режима охраны, входит в нормальный режим работы, осуществляя управление системой. В противном случае контроллер блокирует работу двигателя. На время сеанса связи контроллера ЭСУД с блоком управления АПС эта линия отключена от колодки диагностики. После окончания сеанса связи блок управления АПС замыкает свои контакты "18" и "9", подключая диагностическую линию к контакту "М" колодки диагностики. После этого контроллер может обмениваться информацией по этой линии с диагностическим прибором DST-2. Данные передаются в виде серий импульсов изменения напряжения с высокого уровня (напряжение бортовой сети) до низкого уровня (0 В).
39	<b>Резервный.</b>		
40	<b>Резервный.</b>		
41	<b>Вход сигнала запроса на включение кондиционера.</b> Когда выключатель кондиционера на панели приборов выключен, напряжение на контакте близко к нулю. Когда выключатель включен, на контроллер подается напряжение бортовой сети.		
42	<b>Резервный.</b>		
43	<b>Выход сигнала частоты вращения коленчатого вала</b> Выходной импульсный сигнал на тахометр. Частота следования импульсов равна удвоенной частоте вращения коленчатого вала двигателя.		
44	<b>Вход сигнала с СО-потенциометра</b>		
45	<b>Вход сигнала датчика температуры охлаждающей жидкости.</b> Контроллер посылает по этой цепи через внутренний резистор напряжение +5В на датчик температуры охлаждающей жидкости, который представляет собой термистор, вторым выводом соединенный с массой. Датчик меняет сопротивление в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. При повышении температуры напряжение на контакте уменьшается. При температуре охлаждающей жидкости 0°С напряжение выше +4В. При нормальной рабочей температуре (85...100°С) напряжение ниже 2В.		

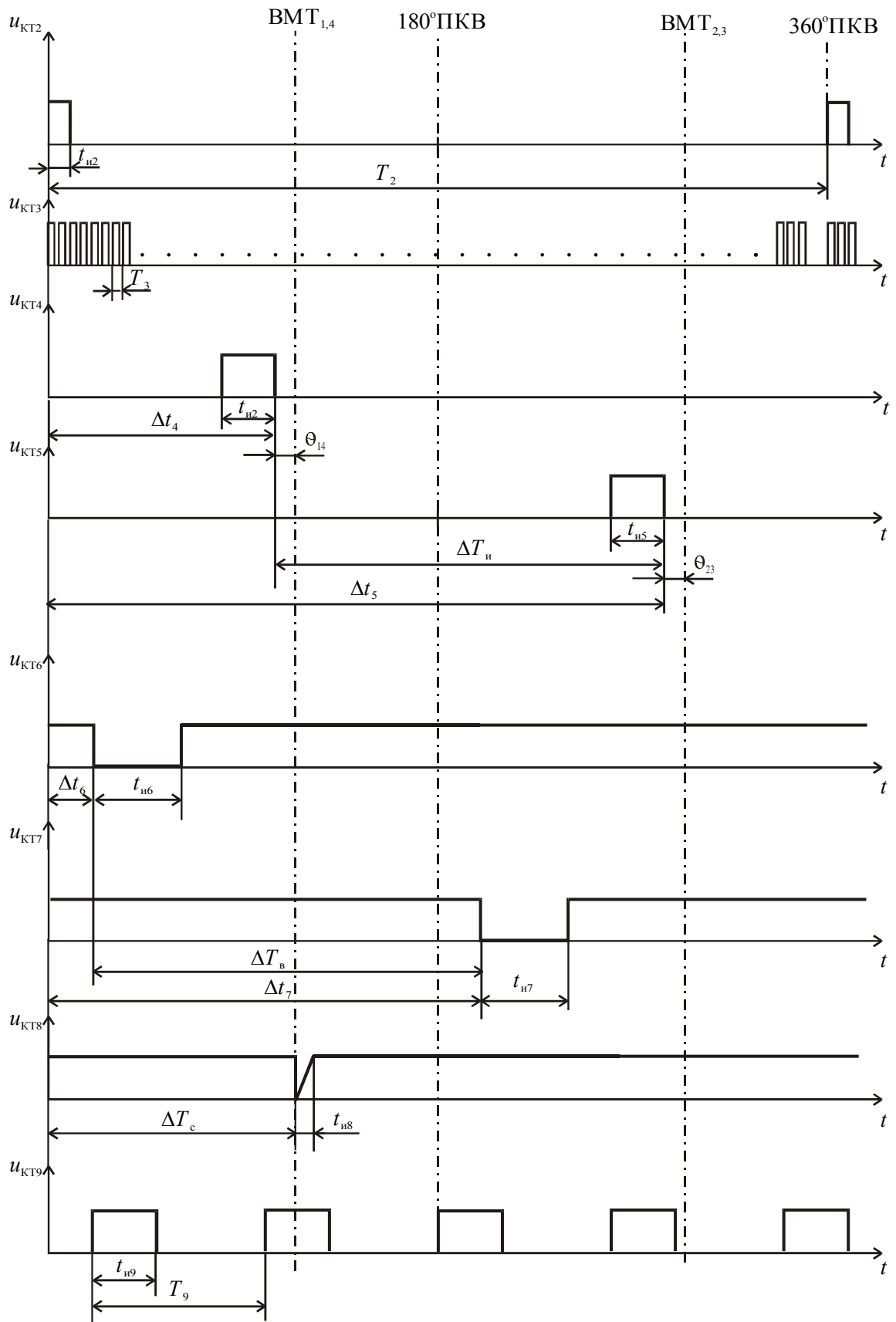


Рис. 3.5

## Литература

1. Акименко С.В., Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов.–М.: ЗАО КЖИ За рулем, 2001.–384 с.
2. Соснин Д.А. Автотроника.: Учебное пособие.–М.: СОЛОН–Р, 2001.–272 с.
3. Данов Б.А., Титов Е.И. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления двигателем.–М.: Транспорт, 1998–76 с.
4. Ходасевич А.Г., Ходасевич Т.И. Справочник по устройству и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 2. Электронные системы зажигания.–М.: АНТЕЛКОМ, 2002.–224 с.