



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Электротехника и электроника»

## **Сборник задач**

выполнение лабораторно-практических работ  
№ 1 - 6  
по дисциплине

# **«Системы электроники и автоматики автомобилей и тракторов»**

Авторы  
Воржев В.Б.,  
Рогов И.Е.,  
Лаврентьев А.А.

Ростов-на-Дону, 2015



## Аннотация

Методические указания к лабораторно-практическим работам № 1 - 6 по дисциплине «Системы электроники и автоматики автомобилей и тракторов» предназначены для студентов очной формы обучения направления бакалавров 140400.

## Авторы

к.ф.-м.н., доц. Воржев В.Б.

к.т.н., доц. Рогов И.Е.

д. ф.-м.н., проф. Лаврентьев А.А.



## Оглавление

<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИКАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ АВТОМОБИЛЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО РАБОТЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2: ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ЗАДЕРЖКИ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ АВТОСАЛОНА .....</b>	<b>11</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3: ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА СИГНАЛИЗАЦИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ.....</b>	<b>16</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4: УСТРОЙСТВО СИГНАЛИЗАЦИИ ТОКОВЫХ ПЕРЕГРУЗОК АВТОМОБИЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ .....</b>	<b>21</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5: ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ БЛИЖНЕГО И ДАЛЬНЕГО СВЕТА АВТОМОБИЛЯ .....</b>	<b>26</b>
<b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6: ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ .....</b>	<b>31</b>

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИКАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ АВТОМОБИЛЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО РАБОТЫ

## I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1. Получение навыков проектирования типовых устройств автомобильной электроники.
- 1.2. Освоение методики проверки рассчитанного устройства на виртуальном макете.

## II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

- 2.1 Изучить принцип работы электронных компараторов, а также всего проектируемого устройства.
- 2.2 Задавшись данными варианта, произвести все необходимые расчеты.
- 2.3 Собрать виртуальный макет рассчитанного устройства в среде Electronics Workbench, и проверить все режимы его работы.
- 2.4 Ответить на контрольные вопросы.

## III. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА

Во время работы автомобиля очень важно осуществлять постоянный мониторинг величины напряжения его аккумуляторной батареи, поскольку его значительное отклонение может привести к сбоям всех электронных систем автомобиля. При этом опасным является как завышение, так и занижение величины номинального напряжения.

Данное устройство (см. рис. 1) предназначено для постоянного визуального наблюдения этой величины относительно трех значений:  $U_{\min}$  – минимально допустимой,  $U_{\text{ном}}$  – номинальной и  $U_{\max}$  – максимально допустимой.

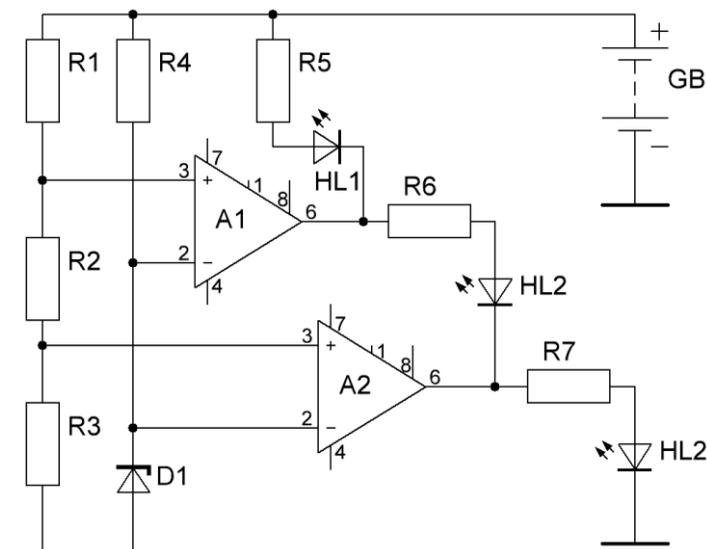


рис. 1 Принципиальная схема индикатора напряжения аккумуляторной батареи

Основным элементом устройства являются компараторы A1 и A2. Как известно из электроники, компаратор имеет два входа – прямой и инверсный. Пока напряжение на прямом входе больше напряжения на инверсном ( $U_+ > U_-$ ), выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  имеет «высокий» уровень сигнала (от 3 до 5 В). Когда же выполняется условие  $U_+ < U_-$ , то выходное напряжение  $U_{\text{вых}}$  имеет «низкий» уровень (доли вольта).

Работа индикатора происходит следующим образом. Если  $U_{\text{пит}} < U_{\text{мин}}$ , то напряжение на прямом входе компаратора A1 меньше инверсного  $U_{1+} < U_{1-}$ , (которое у обоих компараторов задается параметрическим стабилизатором с эталонным значением  $U_0$ ), и напряжение  $U_{\text{вых1}}$  имеет «низкий» уровень, - через светодиод HL1 течет ток и он светится. Поскольку A2 также находится в «низком» состоянии ( $U_{2+} < U_{2-}$ ), - ни один из светодиодов HL2, HL3 не светится.

Если напряжение питания попадает интервал  $U_{\text{мин}} < U_{\text{пит}} < U_{\text{макс}}$ , то напряжение  $U_{1+}$  становится больше напря-

жения  $U_1$ - и компаратор А1 переходит в «высокое» состояние. В этом случае светиться будут и HL1 и HL2, так как напряжения на них будут равны соответственно,  $U_{пит}-U_{вых1}$  и  $U_{вых1}$ , что достаточно для протекания через них рабочих токов.

Если напряжение питания  $U_{пит}>U_{max}$ , то компаратор А2 также переходит в «высокое» состояние. Это приводит к тому, что начинает светиться светодиод HL3, но при этом гаснет светодиод HL2, поскольку разность потенциалов на нем становится равной нулю.

#### IV. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1 Данные вариантов

№ вар	напр. акк. $U_{ном}, В$	$U_{вых комп}, В$	данные стабилитрона			светодиоды
			номинал	$U_{ст}, В$	$I_{мин...I_{ма}x}, МА$	
1	12,0	5	КС133А	3,3	3...81	КЛ101А, АЛ307А
2	12,3	3,5	КС133Г	3,3	1...37,5	КЛ101Б, АЛ307Б
3	12,6	5	КС139А	3,9	3...70	КЛ101В, АЛ102А
4	12,9	3,5	КС139Г	3,9	1...32	АЛ307В, АЛ102Б
5	13,2	5	КС147а	4,7	3...58	АЛ307Г, АЛ102Г
6	13,5	3,5	КС147Г	4,7	1...26,5	КЛ101А, АЛ307А
7	13,8	5	КС156А	5,6	3...55	КЛ101Б, АЛ307Б
8	14,1	3,5	КС156Г	5,6	1...22,4	КЛ101В, АЛ102А
9	12,0	5	КС162А	6,2	3...22	АЛ307В, АЛ102Б
10	12,3	3,5	КС133А	3,3	3...81	АЛ307Г, АЛ102Г
11	12,6	5	КС133Г	3,3	1...37,5	КЛ101А, АЛ307А
12	12,9	3,5	КС139А	3,9	3...70	КЛ101Б, АЛ307Б
13	13,2	5	КС139Г	3,9	1...32	КЛ101В, АЛ102А
14	13,5	3,5	КС147а	4,7	3...58	АЛ307В, АЛ102Б
15	13,8	5	КС147Г	4,7	1...26,5	АЛ307Г, АЛ102Г
16	14,1	3,5	КС156А	5,6	3...55	КЛ101А, АЛ307А
17	12,0	5	КС156Г	5,6	1...22,4	КЛ101Б, АЛ307Б
18	12,3	3,5	КС162А	6,2	3...22	КЛ101В, АЛ102А
19	12,6	5	КС133А	3,3	3...81	АЛ307В, АЛ102Б
20	12,9	3,5	КС133Г	3,3	1...37,5	АЛ307Г, АЛ102Г
21	13,2	5	КС139А	3,9	3...70	КЛ101А, АЛ307А
22	13,5	3,5	КС139Г	3,9	1...32	КЛ101Б, АЛ307Б

23	13,8	5	КС147а	4,7	3...58	КЛ101В, АЛ102А
24	14,1	3,5	КС147Г	4,7	1...26,5	АЛ307В, АЛ102Б
25	12,0	5	КС156А	5,6	3...55	АЛ307Г, АЛ102Г

Таблица 2 Параметры светодиодов

номинал	цвет свечения	$I_{max}$ , мА	номинал	цвет свечения	$I_{max}$ , мА
КЛ101А	желтые	10	АЛ102А	красные	10
КЛ101Б		20	АЛ102Б		20
КЛ101В		40	АЛ102Г		10
АЛ307В	зеленые	22	АЛ307А		20
АЛ307Г		22	АЛ307Б		20

## IV. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Задавшись значением  $U_{ном}$  для аккумуляторной батареи, следует рассчитать значения  $U_{min}$  и  $U_{max}$  по формулам:

$$U_{min} = 0,9 \cdot U_{ном};$$

$$U_{max} = 1,1 \cdot U_{ном}.$$

Напряжение на прямом входе компаратора А1 при условии  $U_{пит} = U_{min}$ , должно быть равно величине напряжения стабилизации для выбранного из данных варианта стабилитрона  $U_{ст}$ , то есть

$$\frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3} U_{min} = U_{ст}.$$

Напряжение на прямом входе компаратора А2 при условии  $U_{пит} = U_{ном}$ , должно быть также равно  $U_{ст}$ , то есть

$$\frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} U_{ном} = U_{ст}.$$

Ток в цепи делителя должен быть порядка 0,1 мА, поэтому

$$R_1 + R_2 + R_3 = 140 \text{ кОм}.$$

Для цепи светодиода HL1 (не красный), задавшись значением среднего тока  $I_{св1 \text{ сред}} = I_{max1}/2$ , получим:

$$R_5 = \frac{U_{ном}}{I_{св1 \text{ сред}}};$$

в режиме  $U_{пит} > U_{max}$ :

$$I_{св} = \frac{U_{max} - U_{выхкомпл}}{R_5};$$

## Системы электроники и автоматики автомобилей и тракторов

ток  $I_{св}$  не должен превышать величины  $I_{\max}$  для этого типа светодиода.

Для цепи светодиода HL2 (того же типа, что и HL1), задавшись значением того же среднего тока  $I_{св1\text{ сред}} = I_{\max1}/2$ , получим:

$$R_6 = \frac{U_{\text{выхкомпл}}}{I_{св1\text{ сред}}};$$

Для цепи светодиода HL3 (красный), задавшись значением среднего тока  $I_{св2\text{ сред}} = I_{\max2}/2$ , получим:

$$R_7 = \frac{U_{\text{выхкомпл}}}{I_{св2\text{ сред}}};$$

Сопротивление резистора  $R_4$  вычисляется по 2-му закону Кирхгофа

$$U_{\text{ном}} = R_4 I_{ст\text{ ср}} + U_{ст},$$

тогда

$$R_4 = \frac{U_{\text{ном}} - U_{ст}}{I_{ст\text{ ср}}},$$

где  $I_{ст\text{ ср}}$  – средний ток стабилизации для указанного в варианте стабилитрона

$$I_{ст\text{ ср}} = \frac{I_{ст\text{ min}} + I_{ст\text{ max}}}{2}.$$

При завершении расчета следует начертить схему, изображенную на рис. 1, указав на ней все, рассчитанные номиналы.

## V ПРОВЕРКА ВИРТУАЛЬНОГО МАКЕТА

Виртуальный макет рассчитанного устройства изображен на рис. 2. На нем в обязательном порядке должны быть выставлены:

- величина выходного напряжения компаратора «*Output high level (VOH)*»;
- величина напряжения стабилизации стабилитрона «*Zener test voltage at IZT (VZT)*»;
- величины всех рассчитанных сопротивлений резисторов.

Собранный виртуальный макет должен обеспечивать все три рассчитанных режима индикации. Задавая величины ЭДС источника равными  $U_{\min}$ ,  $U_{\text{ном}}$  и  $U_{\max}$  студенту следует убедиться в правильности проведенных им расчетов.

### VI КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение компаратора напряжения.
2. Объясните принцип работы светодиода.
3. Каким образом в рассчитанной схеме было задано опорное напряжение?

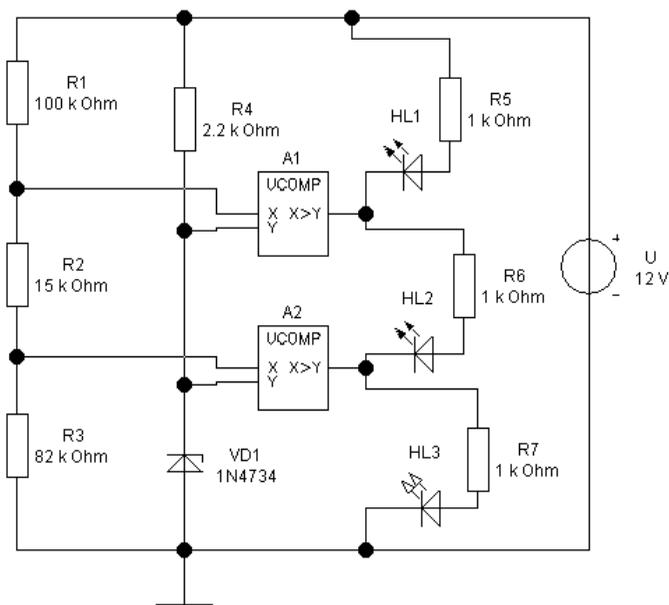


рис. 2 Проверка виртуального макета рассчитанного электронного индикатора

4. Какова роль делителя напряжения в данном устройстве?
5. Как скажется на работе индикатора уход от номинального значения напряжения стабилизации? Прodelайте это с виртуальным макетом, изменив его на величину  $\pm 20\%$ .
6. В каких еще электронных узлах автомобиля возможны подобные устройства?

### **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 1. Издательство «Машиностроение» 2002г. – 239с.
2. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 2. Издательство «Машиностроение» 2003г. – 320с.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2: ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ЗАДЕРЖКИ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ АВТОСАЛОНА**

### **I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1.1. Получение навыков работы с типовыми схемными решениями устройств автомобильной электроники.

1.2. Освоение методики исследования электронных устройств на виртуальном макете.

### **II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

2.1 Изучить принцип работы исследуемого устройства, повторить изученный ранее принцип работы биполярного транзистора в ключевом режиме.

2.2 Собрать виртуальный макет устройства в среде Electronics Workbench, и проверить его работоспособность.

2.3 Ответить на контрольные вопросы.

### **III. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА**

Для успешной конкуренции на рынке современный автомобиль, наряду с другими немаловажными показателями, должен обладать комфортом. Это требование явилось причиной целого ряда электронных устройств автомобиля, одним из которых является устройства задержки выключения освещения автосалона.

Это устройство (см. рис. 1) предназначено для задержки на определенное время (как правило, на несколько секунд) выключения освещения салона после закрывания дверей.

С

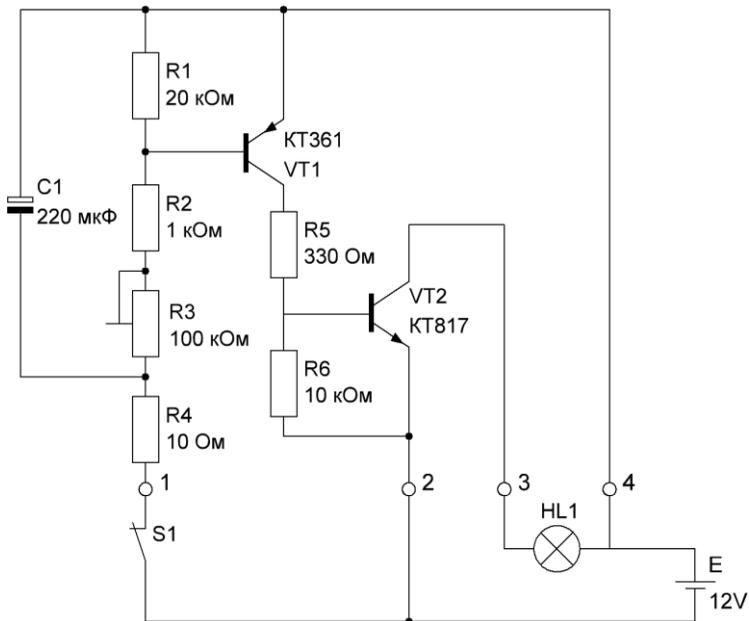


рис. 1 Электрическая схема устройства задержки выключения освещения автосалона.

Работа устройства происходит следующим образом. При открывании двери автосалона, замыкается контакт  $S_1$ , что приводит к быстрому заряду конденсатора  $C_1$  до напряжения питания 12 В. Поскольку его зарядка происходит через низкоомный резистор  $R_4$ , то время заряда составляет  $\tau_{зар} \approx R_4 C_1 = 22$  мкс.

Это приводит к открыванию транзистора  $VT_1$ , поскольку напряжение на его входном переходе база-эмиттер становится равным приблизительно 1/6 от напряжения питания, то есть 2 В, что вполне достаточно для его надежного отпириания.

Открытие  $VT_1$  приводит к протеканию тока по цепи  $R_5, R_6$ , при этом большая часть напряжения приложена к  $R_6$ , то есть к входному переходу транзистора  $VT_2$ , что приводит к его открыванию.

Через открытый переход коллектор-эмиттер транзистора  $VT_2$  замыкается силовая цепь, включая лампы освещения салона. Весь описанный процесс протекает за доли секунды.

При закрывании двери салона, контакт  $S_1$  размыкает-

ся. Это приводит к процессу разряда конденсатора  $C_1$  по цепи  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  с большим временем разряда, равным  $\tau_{разр} \approx (R_1 + R_2 + R_3)C_1$ . Пренебрегая сравнительно малым сопротивлением  $R_2$ , получим следующий диапазон времен задержки выключения:

$$\tau_{разрmin} \approx R_1 C_1 = 4,4 \text{ с};$$

$$\tau_{разрmax} \approx (R_1 + R_3)C_1 = 26,4 \text{ с}.$$

Изменяя величину сопротивления  $R_3$ , можно добиться желаемого времени задержки, удовлетворяющему пожеланиям водителя.

#### IV ПРОВЕРКА ВИРТУАЛЬНОГО МАКЕТА

Виртуальный макет исследуемого устройства изображен на рис. 2. Вследствие значительных времен задержки исследование его работы лучше производить с помощью вольтметров, а не осциллографа.

Выставляя различные значения переменного сопротивления  $R_3$ , следует «разрывать» цепь выключателем и измерять время от этого момента до момента резкого уменьшения напряжения на лампе (показания вольтметра PV2). Измерение времени следует производить по временной шкале Electronics Workbench. Результаты измерений следует занести в таблицу 1.

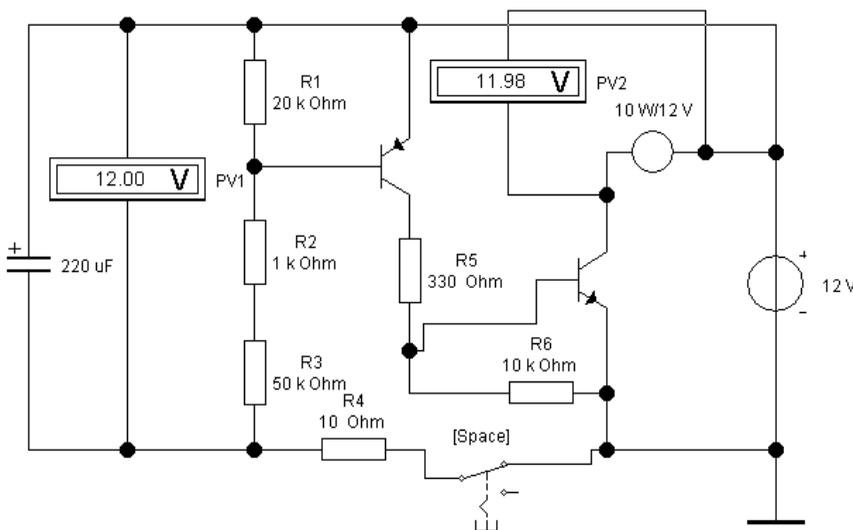


рис. 2 Виртуальный макет исследуемого устройства

таблица 1 Зависимость времени задержки выключения от величины сопротивления  $R_3$

$R_3$ , кОм	0	10	30	50	70	100
$t_{\text{выкл}}$ , с						

## VI КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип работы биполярного транзистора.
2. В чем особенность работы биполярного транзистора в ключевом режиме?
3. В чем особенности p-n-p и n-p-n транзисторов?
4. По каким усилительным схемам включены транзисторы  $VT_1$  и  $VT_2$ ?
5. Опишите переходные процессы в RC-цепи. Нарисуйте качественно зависимости напряжения на конденсаторе от времени.
6. Как будет изменяться зарядный ток через резистор  $R_4$ ? Нарисуйте эту зависимость с указанием на ней максимальной величины тока.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 1. Издательство «Машиностроение» 2002г. – 239с.
2. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 2. Издательство «Машиностроение» 2003г. – 320с.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3: ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА СИГНАЛИЗАЦИИ ОЛЕДЕНЕНИЯ**

### **I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1.1 Получение навыков работы с типовыми схемными решениями устройств автомобильной электроники.

1.2 Освоение методики исследования электронных устройств на виртуальном макете.

1.3 Освоение методики наладки электронных устройств для обеспечения заданных режимов работы.

### **II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

2.1 Изучить принцип работы исследуемого устройства, повторить изученный ранее принцип работы биполярного транзистора в ключевом режиме.

2.2 Произвести необходимые расчеты для термистора, использованного в качестве датчика температур.

2.3 Собрать виртуальный макет рассчитанного устройства в среде Electronics Workbench и произвести подстройку указанных элементов для его нормальной работы.

2.4 Ответить на контрольные вопросы.

### **III. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА**

Для успешной конкуренции на рынке современный автомобиль, наряду с другими немаловажными показателями, должен обладать комфортностью. Это требование явилось причиной появления целого ряда электронных устройств автомобиля, одним из которых является устройство сигнализации оледенения.

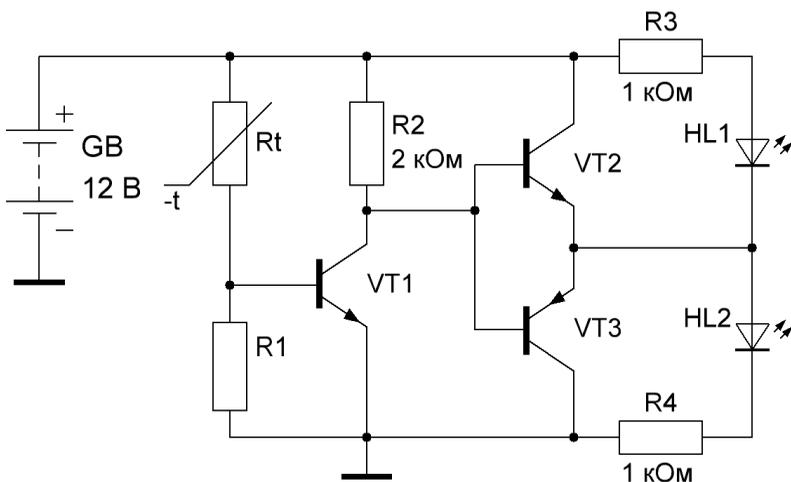


рис. 1 Электрическая схема исследуемого устройства

Это устройство (см. рис. 1) предназначено для оповещения водителя о приближении температуры воздуха к  $0^{\circ}\text{C}$ .

Работа устройства происходит следующим образом. Пока температура воздуха далека от порогового значения  $t_{\text{пор}}$ , терморезистор  $R_t$  имеет сравнительно небольшое значение сопротивления, поэтому к резистору  $R_1$  приложена достаточная часть напряжения питания, для поддержания его в открытом состоянии. При этом потенциал коллектора  $VT_1$  практически «сидит на земле». Это приводит к возникновению отпирающего напряжения на переходе база-эмиттер транзистора  $VT_3$ , и он открывается. При этом он замыкает цепь  $GB, R_3, HL_1$ , переход к-э  $VT_3$ , «земля», - и светодиод  $HL_1$  светится, показывая этим водителю «безопасную ситуацию». Светодиод  $HL_2$  в этом случае, конечно же, не светится, так как напряжение в этой цепи составляет доли вольта.

С уменьшением температуры сопротивление термистора растет, достигая величины  $t_{\text{пор}}$ , при которой транзистор  $VT_1$  закрывается и потенциал его коллектора становится практически равным величине напряжения питания. Это приводит к открыванию транзистора  $VT_2$ ; напряжение на его выходном переходе падает, и светодиод  $HL_1$  гаснет. При этом светиться будет светодиод  $HL_2$ , так как все напряжение питания теперь приложено к закрытому переходу коллектор-эмиттер транзистора  $VT_3$ . Его свечение

будет показывать водителю «опасную ситуацию».

Поскольку данная схема не содержит никаких цепей, ускоряющих процессы насыщения транзисторов, то будет существовать некий диапазон температур  $[t_{пор} - \Delta t; t_{пор}]$ , в котором оба транзистора будут находиться в открытых состояниях, при этом светиться будут оба светодиода HL<sub>1</sub> и HL<sub>2</sub>. Это состояние может соответствовать «предупредительной» сигнализации, предупреждающей водителя о возможности оледенения.

#### IV МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦЕПИ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ

В данной работе используются четыре зависимости  $R(T)$  для различных термисторов (см. рис. 2а – 2г). Получив от преподавателя свой вариант зависимости, студент должен рассчитать по ней величину сопротивления  $R_{пор}$ , соответствующего температуре  $t_{пор}$ .

Для этого следует провести касательную к соответствующему графику в точке 300 К, и измерить величину ее угла  $\varphi_{300}$ . Поскольку  $\text{tg}(\varphi_{300}) = dR/dT$  в точке  $T = 300$  К, то  $\text{ТКС} = \text{tg}(\varphi_{300})$ .

Замечание: знак «минус» следует опустить, поскольку он уже учтен в окончательной формуле.

Тогда искомая величина сопротивления  $R_{пор}$ :

$$R_{пор} = R(300) + \text{ТКС} \cdot \Delta T,$$

где  $\Delta T = 300 - 273 = 27$  К.

Далее, из рис. 1, для идеализированного транзистора получим:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_{пор}} E_G = U_{omn},$$

Отсюда

$$R_1 = \frac{R_{пор}}{\frac{E_G}{U_{omn}} - 1}$$

Величину  $U_{отп}$  для транзистора следует принять равной 0,75

В.

## V РАБОТА С ВИРТУАЛЬНЫМ МАКЕТОМ

Вычислив значения  $R_1$  и  $R_{пор}$ , следует собрать виртуальный макет в среде Electronics Workbench (см. рис. 3), и убедиться в том, что при  $R < R_{пор}$  светится HL<sub>1</sub>, а при  $R > R_{пор}$  – HL<sub>2</sub>.

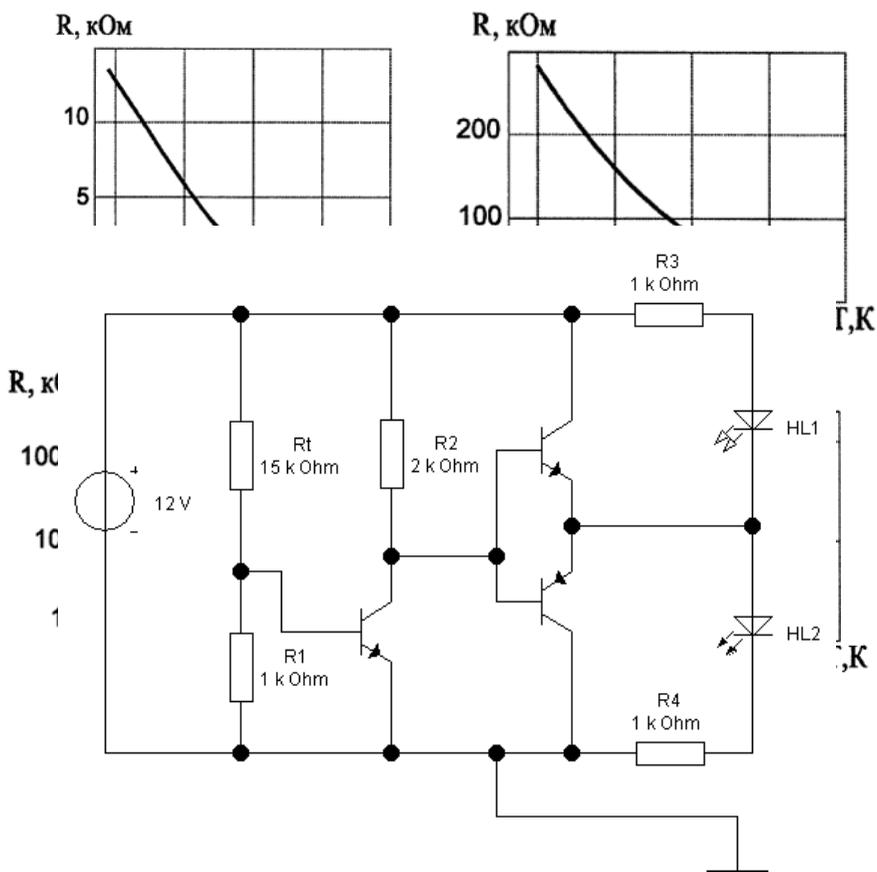


рис. 3 Виртуальный макет исследуемого устройства

Далее, экспериментальным путем установить промежуток  $[R_{пор}; R'_{пор}]$ , в котором открыты оба транзистора, и рассчитать «тревожную» температуру  $t'_{пор}$ , соответствующую сопротивлению  $R'_{пор}$  из полученной ранее формулы:

$$\frac{R_{пор} - R'_{пор}}{TKC} = \Delta T = \Delta t ,$$

поскольку  $t_{пор} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , то  $t'_{пор} = \Delta t$ .

## VI ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты должны быть занесены в таблицу 1 и показаны преподавателю вместе с собранным виртуальным макетом.

таблица 1 Представление результатов работы

величина	TKC (300 K)	$R_1$ , КОМ	$R_{пор}$ , КОМ	$R'_{пор}$ , КОМ	$t'_{пор}$ , $^{\circ}\text{C}$
значение					

## VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите принцип работы биполярного транзистора.
2. В чем особенность работы биполярного транзистора в ключевом режиме?
3. В чем особенности р-п-р и п-р-п транзисторов?
4. По каким усилительным схемам включены транзисторы  $VT_1$ ,  $VT_2$  и  $VT_3$ ?
5. К какой неисправности может привести «пробой» входного р-п перехода транзистора  $VT_1$ ,  $VT_2$  и  $VT_3$ ? Рассмотрите каждый случай по отдельности на виртуальном макете.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 1. Издательство «Машиностроение» 2002г. – 239с.
2. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 2. Издательство «Машиностроение» 2003г. – 320с.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4: УСТРОЙСТВО СИГНАЛИЗАЦИИ ТОКОВЫХ ПЕРЕГРУЗОК АВТОМОБИЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ**

### **I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

- 1.1 Получение навыков проектирования устройств автомобильной электроники.
- 1.2 Освоение методики построения структурных, функциональных и электрических схем.
- 1.3 Освоение методики наладки электронных устройств для обеспечения заданных режимов работы.

### **II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

- 2.1 Изучить принцип работы исследуемого устройства.
- 2.2 По приведенной структурной схеме устройства начертить ее функциональную схему.
- 2.3 Собрать виртуальный макет устройства в среде Electronics Workbench и произвести подстройку указанных элементов для его нормальной работы.
- 2.4 Ответить на контрольные вопросы.

### **III. НАЗНАЧЕНИЕ, ПРИНЦИП РАБОТЫ И СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА**

Стабильное бортовое питание автомобиля является, безусловно, одним из важнейших факторов в современном автомобилестроении. Его обеспечение является залогом устойчивой работы всех его основных модулей и узлов, а значит, и работы всего автомобиля в целом. В настоящее время существует очень много электронных приборов, питающихся от бортовой сети автомобиля, поэтому данное устройство может быть весьма полезно в практическом автомобилестроении.

Проектируемое устройство должно оповещать водителя о повышении тока регулятора напряжения выше допустимого предела, то есть при  $I > I_{\max}$ .

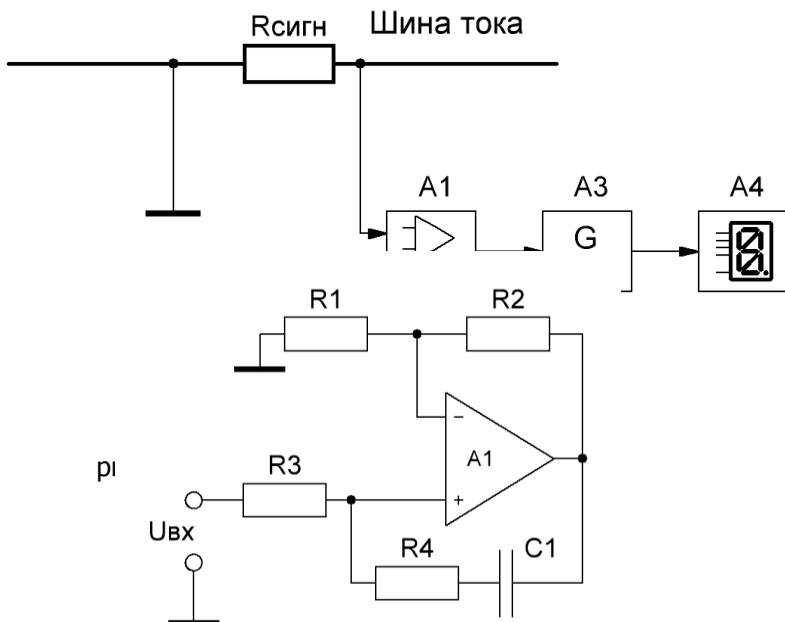


рис. 2 Релаксационный генератор, управляемый напряжением.

Структурная схема устройства приведена на рис. 1. Она показывает идею работы устройства, которая состоит в том, чтобы снимать с сигнального резистора (небольшого сопротивления  $R_{\text{сигн}}$ ) напряжение  $U_{\text{сигн}}$ , пропорциональное выходному току и подавать его на компаратор A1. Вместе с ним, на другой вход компаратора, должно подаваться некое опорное напряжение  $U_{\text{оп}}$  с источника опорного напряжения (ИОН) (блок A2).

При токе, большем пороговой величины  $I_{\text{max}}$ , компаратор должен давать управляющий сигнал для работы релаксационного генератора G (блок A3), который приводит в действие устройство световой сигнализации (блок A4), оповещающее водителя об опасном состоянии бортового питания.

Согласно структурной схеме, генератор импульсов должен быть управляемым каким-либо внешним напряжением. Подобные схемотехнические решения известны, и одно из таких решений изображено на рис. 2.

Это усилитель, охваченный ООС с коэффициентом  $\beta_{оос} = R_1/R_2$  и ПОС, с коэффициентом  $\beta_{пос} = R_3/R_4$ . Условием генерации импульсов является  $R_3/R_4 > R_1/R_2$ . Кроме того, генерация возможна только если входное напряжение находится в границах линейного участка амплитудной характеристики, то есть  $U_{вых} = U_{вх}(1 + R_1/R_2)$ . Если же напряжение на входе превышает этот уровень, то генерация прекращается, и на выходе генератора устанавливается постоянный уровень напряжения.

Устройство индикации можно реализовать на светодиоде с включением в его цепь ограничительного резистора.

Компаратор можно реализовать с помощью операционного усилителя, или на транзисторах, но самым простым, конечно же, является применение микросхемы типа  $\mu A710$ .

В качестве источника опорного напряжения можно применить параметрический стабилизатор напряжения.

#### **IV ПОСТРОЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО МАКЕТА УСТРОЙСТВА**

На основе проведенных рассуждений можно собрать виртуальный макет проектируемого устройства для предварительной проверки его работы (см. рис. 3). В нем некоторые узлы будут представлены стандартными блоками программного пакета Electronics Workbench, а потому будут требовать дальнейшей схемотехнической проработки. Однако функционирование такого макета позволит сделать вывод о принципиально правильном схемотехническом решении, которое может быть доведено до готового электронного устройства.

Источники  $+E/2$  и  $-E/2$  здесь имитируют двуполярное питание для операционного усилителя (для схемного решения здесь потребуется специальное включение ОУ с однополярным питанием).  $R_5$  – ограничительный резистор, обеспечивающий рабочий режим по току для светодиода. Источник тока  $I_n$  моделирует силу тока нагрузки, а резистор  $R_c$  снимает напряжение, пропорциональное току нагрузки.  $U_0$  – источник опорного напряжения (схемотехнически не проработан).

#### **IV РАБОТА С ВИРТУАЛЬНЫМ МАКЕТОМ**

1. Соберите макет и включите его.
2. Убедитесь, что при токе  $I_n$ , не превышающем  $2,2 A$ , светодиод светится, а начиная с тока  $2,2 A$ , - мигает с удобной для

глаза частотой.

3. Подключите осциллограф и измерьте частоту пульсаций на выходе генератора.

4. Рассчитайте цепь источника опорного напряжения, выбрав для этой цели какой-нибудь стабилитрон из библиотеки программы.

5. Замените источник  $U_0$  на его схемотехническое решение. Проверьте работу макета, затем покажите его преподавателю.

## VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите структурную схему устройства.
2. Как работает релаксационный генератор?
3. Какие есть еще схемные решения для релаксационных

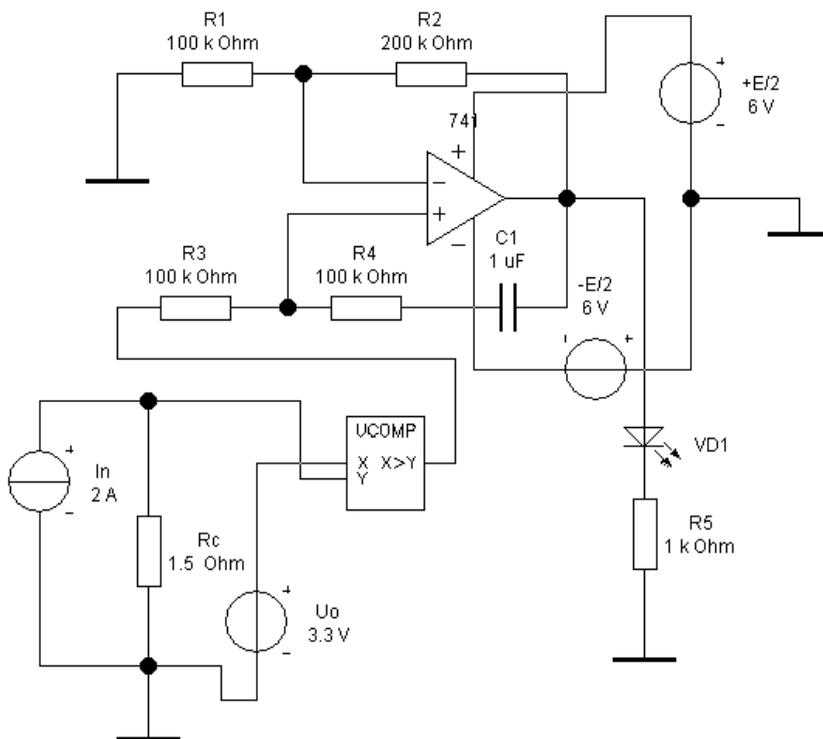


рис. 3 Виртуальный макет исследуемого устройства

генераторов?

3. Как работает параметрический стабилизатор?
4. Как работает компаратор?

### **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 1. Издательство «Машиностроение» 2002г. – 239с.
2. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 2. Издательство «Машиностроение» 2003г. – 320с.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5: ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ БЛИЖНЕГО И ДАЛЬНЕГО СВЕТА АВТОМОБИЛЯ**

### **I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1.1 Получение навыков работы с практическими электронными схемами.

1.2 Освоение методики исследования принципов работы электронных схем.

1.3 Освоение методики наладки электронных устройств для обеспечения заданных режимов работы.

### **II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

2.1 Изучить принцип работы исследуемого устройства.

2.2 Собрать виртуальный макет устройства в среде Electronics Workbench и произвести проверку его работы.

2.3 Изменяя величину установочного конденсатора, проанализировать его роль в схеме.

2.4 Ответить на контрольные вопросы.

### **III. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ**

Для реализации этого блока была выбрана микросхема 7473, которая содержит два JK-триггера с входами сброса и разделными входами тактовых импульсов. Оба триггера можно использовать независимо друг от друга. Цоколевка микросхемы показана на рис. 1.

В триггерных микросхемах 7473, запускаемых импульсом, информация подается на входы J и K при перепаде положительного тактового импульса с высокого уровня напряжения на низкий (отрицательный фронт).

Если на вход J микросхемы 7473 подается напряжение высокого, а на вход K — низкого уровня, то по тактовому импульсу на выходе Q устанавливается напряжение высокого, а на выходе Q — низкого уровня.

Когда на вход J микросхемы 7473 подается напряжение низкого, а на вход K — высокого уровня, то по тактовому импульсу на выходе Q формируется напряжение низкого, а на выходе Q — высокого уровня.

Если на оба входа J и K микросхемы 7473 подается напря-

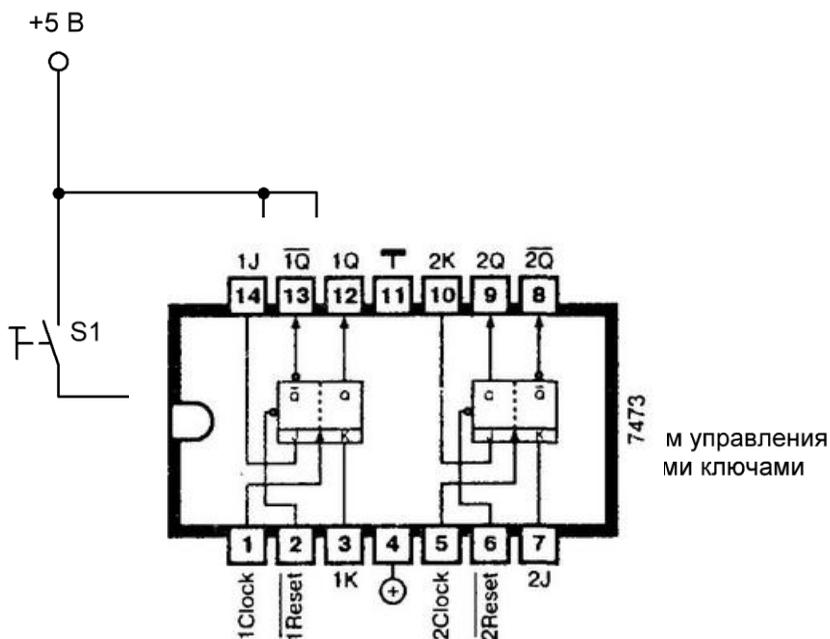
жение высокого уровня, то по фронту тактового импульса состояние выходов Q и  $\bar{Q}$  изменяется на противоположное, что позволяет делить тактовую частоту на 2.

Если на входы J и K микросхемы 7473 подается напряжение низкого уровня, тактовый импульс не оказывает никакого влияния на состояние выходов.

Рис. 1 Цоколевка микросхемы 7473

Если на вход сброса триггера Reset подается напряжение низкого уровня, то на выходе Q устанавливается напряжение низкого, а на выходе  $\bar{Q}$  высокого уровня независимо от состояния всех остальных входов.

Цепь R1, C1 реализует предварительную установку триггера. При включении зажигания, напряжение +5 В поступает на эту цепь, но, согласно законам коммутации, в начальный момент времени напряжение на C3 равно нулю, а значит, равен нулю сигнал на входе установки триггера CLR, поэтому триггер устанавливает-



ся в исходное «низкое» положение, при котором  $Q = 0, \bar{Q} = 1$  (соответствующее включению ближнего света).

Рис. 2 Схема устройства переключения ближнего и дальнего света

Затем, согласно протоколу работы микросхемы, при каждом нажатии кнопочного переключателя S1, триггер будет изменять свое состояние на противоположное, так как его выходы J и K подключены к шине питания +5 В и каждое нажатие будет подавать на его тактовый вход CLK прямоугольный импульс напряжения.

#### **IV ПОСТРОЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО МАКЕТА УСТРОЙСТВА**

На основе проведенных рассуждений можно собрать виртуальный макет данного устройства, показанный на рис. 3.

Для наглядности здесь источник +5 В реализован двумя источниками Us1. Резистор R1 ограничивает ток через источник Us1 (в левой части схемы) при замыкании ключа S1 (клавиша «1»). Предустановка триггера реализована цепью R3, C1. Источник Us2 моделирует питание +12 В, необходимое для питания ламп ближнего и дальнего света. Транзисторы VT1 и VT2 выполняют роль электронных ключей; резисторы R2 и R4 ограничивают входной ток при открывании транзисторов, а резисторы R5 и R6 ограничивают выходной ток при работе ламп.

В данный момент триггер находится в «низком» состоянии, то есть на его выходе /Q присутствует сигнал высокого уровня. Это приводит к открыванию транзистора VT1 и протеканию тока через его коллектор-эмиттерный переход (как видно из рис. 3, ток через него составляет примерно 10 мА). В это время транзистор VT2 заперт и ток через него не течет. В итоге, горит лампа ближнего света (Low Power), а лампа дальнего света (High Power) не горит.

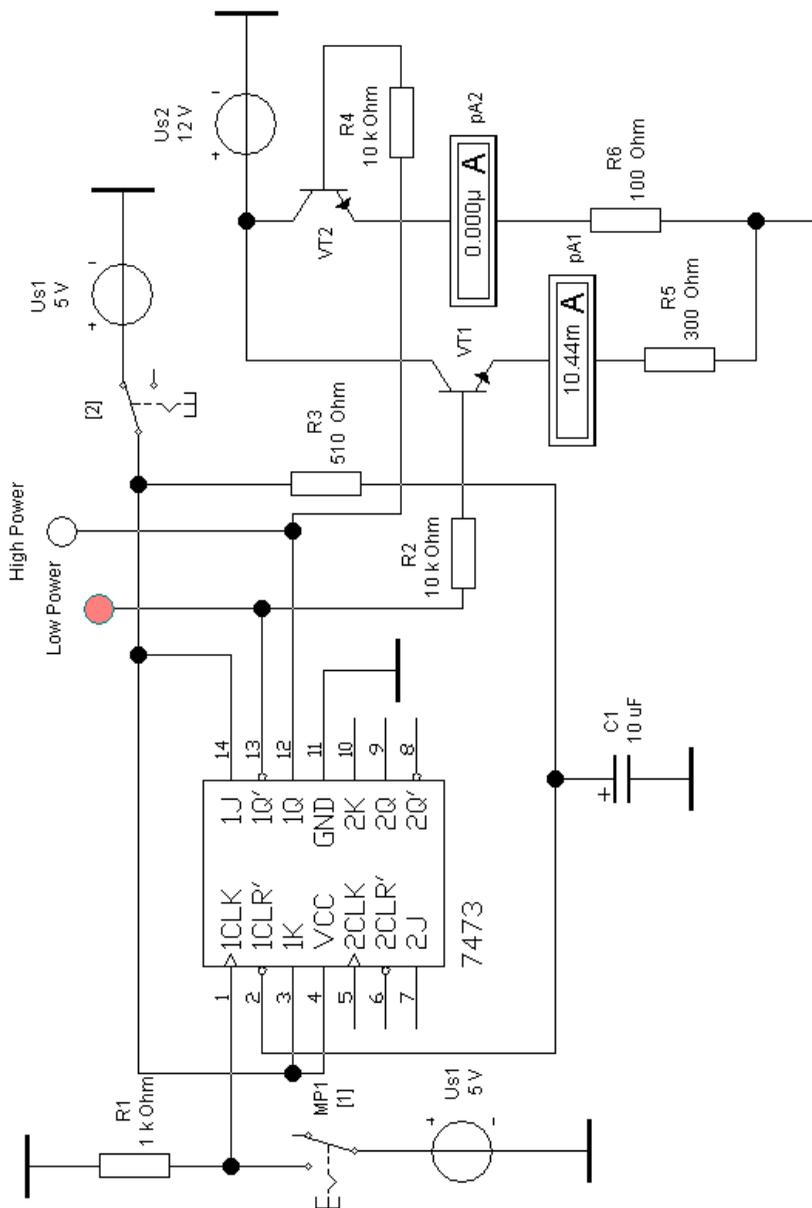


Рис. 3 Виртуальный макет устройства переключения ламп ближнего и дальнего света.

#### IV РАБОТА С ВИРТУАЛЬНЫМ МАКЕТОМ

1. Соберите макет и включите его.
2. Отключите питание +12 В и дождитесь пока погаснут обе лампы; затем включите его и убедитесь в правильном срабатывании предустановки (должна загореться лампа ближнего света).
3. Замыкая и размыкая ключ S1, убедитесь в правильном (поочередном) срабатывании обеих ламп.
4. Установите работу лампы дальнего света; выключите питание +12 В (клавиша «2») и дождитесь отключения лампы; включите питание и убедитесь в правильной предустановке схемы.
5. Рассчитайте время задержки цепи предустановки по формуле
$$t_{\text{заб}} = 3R_3C_1.$$
6. Сформулируйте требования к цепи задержки и правило для расчета величины емкости конденсатора C1.
7. Увеличьте величину C1 в 10 раз и проверьте работу макета во всех режимах; объясните изменения.

#### VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о назначении устройства.
2. Какова роль цепи задержки переключения?
3. Опишите работу транзисторов VT1 и VT2.
3. Опишите работу микросхемы 7473.
4. Опишите работу триггера.

#### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 1. Издательство «Машиностроение» 2002г. – 239с.
2. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 2. Издательство «Машиностроение» 2003г. – 320с.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6: ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

### I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1 Получение навыков работы с практическими электронными схемами.
- 1.2 Освоение методики исследования принципов работы электронных схем.
- 1.3 Освоение методики наладки электронных устройств для обеспечения заданных режимов работы.

### II. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

- 2.1 Изучить принцип работы исследуемого устройства.
- 2.2 Собрать виртуальный макет устройства в среде Electronics Workbench и произвести проверку его работы.
- 2.3 Произвести расчет резисторов  $R_{s1}$  и  $R_{s2}$ , заменяющих действие источников  $U_{s1}$  и  $U_{s2}$ .
- 2.4 Ответить на контрольные вопросы.

### III. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА

Автомобильные регуляторы напряжения предназначены для стабилизации бортового напряжения автомобиля и могут быть реализованы самыми различными способами. Особенность данной схемы в том, что в ней в качестве триггера применена логическая микросхема И-НЕ.

Автомобильные регуляторы напряжения представляют собой импульсные стабилизаторы напряжения, а потому обладают двумя отличительными особенностями: наличием отрицательной обратной связи (ООС) и входного порогового устройства (триггера Шмитта).

ООС позволяет подстраивать напряжение на выходе регулятора  $U_{\text{вых}}$  при изменяющемся токе нагрузки; триггер Шмитта задает некоторый интервал значений  $U_{\text{вых}1} \dots U_{\text{вых}2}$ , в пределах которого регулятор не реагирует на изменения тока нагрузки.

Кроме того, автомобильные регуляторы должны иметь в своем составе некоторый температурнозависимый элемент (как правило стабилитрон), позволяющий изменять выходное напряжение в зависимости от температуры окружающей среды. Это можно

условно представить двумя величинами напряжений для «летнего» и «зимнего» режимов работы  $U_{\text{вых летн}}$ ,  $U_{\text{вых зимн}}$ . При этом величина «зимнего» напряжения несколько выше «летнего».

Для правильной работы виртуального макета следует сделать так, чтобы триггер Шмитта находился в автоколебательном режиме, то есть, охватить его цепью положительной обратной связи (ПОС). При работе реального регулятора напряжений это достигается обмоткой возбуждения генератора, которая управляет его выходным напряжением. Но такую модель невозможно реализовать в среде Electronics Workbench, поэтому данная задача была решена с помощью управляемого источника напряжения (A1) и RC- цепи ( $R_{\text{mod}}$ ,  $C_{\text{mod}}$ ), моделирующей переходные процессы, происходящие в обмотке возбуждения.

Схема виртуального макета представлена на рис. 1 и работает так. При включении напряжения питания конденсатор  $C_{\text{mod}}$  не заряжен, и напряжение на его обкладках равно 0 В. Значит, на входе управления источника напряжения A1 также напряжение 0 В, поэтому напряжение на выходе регулятора также равно 0 В. Это напряжение поступает на вход триггера Шмитта, собранного на элементах DD1.1 и DD1.2, переводя его в состояние «низкого» уровня.

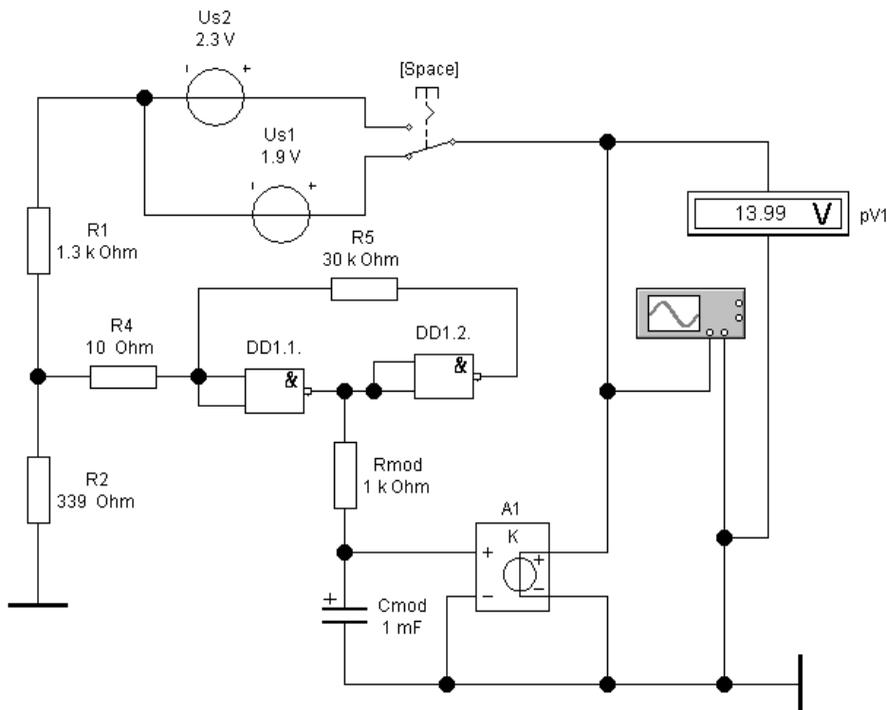


Рис. 1 Схема виртуального макета автомобильного регулятора напряжения

Одновременно с этим, в начальный момент времени, напряжение на выходе элемента DD1.1, согласно таблице истинности логического элемента И-НЕ, принимает значение высокого уровня, и начинается процесс заряда конденсатора  $C_{mod}$ . С увеличением напряжения на конденсаторе  $C_{mod}$  растет и напряжение на выходе управляемого источника A1, и, как следствие, напряжение на входе триггера Шмитта. Когда напряжение на нем достигает величины напряжения срабатывания Шмитта  $U_{срб}$ , триггер переходит в состояние «высокого уровня» и напряжение на его выходе (выходе элемента DD1.2) становится равным 5 В.

Как только это происходит, напряжение на выходе DD1.1 падает до «низкого уровня», и начинается процесс разряда конденсатора  $C_{mod}$ . Вместе с этим понижается напряжение на входе

управляемого источника А1 и на его выходе. Затем процессы повторяются.

Источники  $Us_1$  и  $Us_2$  моделируют напряжения на стабилиторе при «летнем» и «зимнем» режимах работы соответственно.

Согласно 2-му закону Кирхгофа, напряжение на резисторе  $R_2$  будет тем больше, чем меньше значение ЭДС  $Us_1$  или  $Us_2$ , поскольку они включены навстречу выходному напряжению регулятора. Но, чем больше напряжение на входе триггера Шмитта, тем раньше он перейдет в «высокое» состояние, и тем меньше времени будет расти напряжение на его выходе.

По этой причине, при подключении источника с меньшим напряжением ( $Us_1 = 1,9$  В), на выходе регулятора присутствует «летнее» значение напряжения, равное 14 В. Если же переключить цепь на источник  $Us_2 = 2,3$  В, то напряжение на выходе станет равным 14,4 В, что будет соответствовать «зимнему» режиму работы регулятора.

#### IV РАБОТА С ВИРТУАЛЬНЫМ МАКЕТОМ

1. Соберите макет и включите его.
2. Переключением источников  $Us_1$  и  $Us_2$  убедитесь в поддержке им «летнего» и «зимнего» режимов работы.
3. Активируйте виртуальный осциллограф и произведите наблюдения за осциллограммой выходного напряжения.
4. Подключите вольтметры к резисторам  $R_1$  и  $R_2$ , и произведите замеры постоянной составляющей напряжения в обоих режимах работы. Произведите их проверку, записав 2-й закон Кирхгофа для контура:  $U_{\text{вых}}$ ,  $Us_1$  и  $Us_2$ ,  $U_{R_1}$ ,  $U_{R_2}$ , для обоих режимов работы.
5. Рассчитайте величину резисторов  $R_{s1}$  и  $R_{s2}$ , которыми можно было бы заменить источники  $Us_1$  и  $Us_2$  соответственно. Объясните порядок расчета.

#### VII КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Расскажите о назначении устройства.
2. Опишите работу триггера Шмитта.
3. Каким образом в схеме отображено действие обмотки возбуждения генератора автомобиля?
3. Опишите работу стабилитора в исследуемой схеме.
4. Нарисуйте структурную схему стабилизатора напряжений и поясните его работу.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 1. Издательство «Машиностроение» 2002г. – 239с.
2. Ю.П. Чижков. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций. Часть 2. Издательство «Машиностроение» 2003г. – 320с.