

АДАПТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАДНЕГО СИГНАЛЬНОГО ФОНАРЯ АВТОМОБИЛЯ

Н.В. Кобрина, доцент, к.т.н., НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

***Аннотация.** Исследуются возможности и основные принципы реализации современных адаптивных систем сигнального светотехнического оборудования транспортных средств. Представлены новые алгоритмы изменения силы света, его частотные характеристики, а также площади свечения светоиспускающих поверхностей огней с использованием светодиодов. Проведен анализ условий освещения и динамики автомобиля.*

***Ключевые слова:** адаптивная система, сигнальный фонарь, транспортное средство, светодиоды, безопасность на дорогах.*

АДАПТИВНІ СИСТЕМИ ЗАДНЬОГО СИГНАЛЬНОГО ЛІХТАРЯ АВТОМОБІЛЯ

Н.В. Кобріна, доцент, к.т.н., НАУ ім. Н.Є. Жуковського «ХАІ»

***Анотація.** Досліджуються можливості і основні принципи реалізації сучасних адаптивних систем сигнального світлотехнічного обладнання транспортних засобів. Проведено дослідження нових систем заднього сигнального ліхтаря автомобіля з метою забезпечення безпеки руху автотранспорту на дорогах. Представлені нові алгоритми зміни сили світла, його частотні характеристики, а також площі світіння світлогенеруючих поверхонь вогнів. Проведено аналіз умов освітлення дорожнього покриття від динаміки автомобіля.*

***Ключові слова:** адаптивна система, сигнальний ліхтар, транспортний засіб, світлодіоди, безпека на дорогах.*

ADAPTIVE SYSTEM REAR SIGNAL LIGHTS AUTOMOBILE

N.V. Kobrina, assistant professor, cand. eng. sc., NAU «KhAI»

***Abstract.** The possibilities and basic principles of the implementation of modern adaptive systems of signaling lighting equipment for vehicles are explored. Investigations of new systems of a rear signal lamp of the car for the purpose of maintenance of safety of movement of motor transport on roads are carried out. New algorithms for changing the intensity of light, its frequency characteristics, as well as the areas of illumination of the light-giving surfaces of the lights are presented. An analysis is made of the lighting conditions and the dynamics of the car.*

***Keywords:** adaptive system, signal lamp, vehicle, light-emitting diodes, safety on the roads.*

Введение

В связи с увеличением транспортных средств и скорости их движения, а так же учитывая статистику дорожно-транспортных происшествий, изменился подход к обеспечению безопасности дорожного движения. В том числе путем повышения требований к сигнальному

светотехническому оборудованию.

Задние фонари служат для предупреждения других водителей о наличии автомобиля на дороге и изменении характера его движения. Конструктивно задние фонари объединяют несколько светосигнальных приборов (фонарей) в одном корпусе, поэтому применяются

другие названия – задние комбинированные фонари, блок задних фонарей, модуль задних фонарей. Типовой блок задних фонарей включает: задние габаритные фонари, стоп-сигналы, задние указатели поворотов, фонари аварийной сигнализации, фонарь заднего хода и задний противотуманный фонарь (только в левом блоке задних фар для левостороннего движения).

Внешняя световая сигнализация обеспечивается цветом, размерами, силой света, режимом работы модулей задних фонарей, их числом и расположением, углами видимости фонарей, которые регламентируются стандартами по обеспечению надежного восприятия передаваемой информации и исключению ослепления и дискомфорта зрительного восприятия. Последние требования регламентируются правилами ЕЭК ООН (Европейская Экономическая Комиссия).

В новых правилах ЕЭК ООН заложен двухуровневый алгоритм работы задних фонарей (2 уровня силы света - дневной и ночной). Так минимальное значение силы света днем 175 кд, а ночное 40 кд, что значительно превосходит световой режим огней по старым стандартам с использованием ламп накаливания. Также новые правила предусматривают использование модулей источников света на светодиодах [3].

Постановка задачи исследования

Основным показателем эффективности системы освещения транспортного средства является безопасная скорость движения. Согласно экспертным оценкам, при увеличении скорости транспортного средства с 40 км/ч до 80 км/ч сила света задних огней должна возрасти в два раза. Безопасная скорость определяется по формуле, получаемой из условия равенства необходимой дальности видимости и остановочного пути [1]:

$$v_6 = j \left(\sqrt{T^2 + 2S_e / j} - T \right), \quad (1)$$

где v_6 - безопасная скорость движения по условиям видимости, м/с; $T = t_p + t_{cp} + t_d$ - суммарное время реакции водителя и срабатывания тормозов; t_p - время реакции водителя; t_{cp} - время срабатывания тормозного привода; t_d - дополнительное время реакции, необходимое для восприятия препятствия в темное

время суток; S_e - дальность видимости препятствий; j - установившееся замедление, м/с².

Дальность видимости S_e зависит от расстояния освещения $S_{осв}$ [1]:

$$S_e = S_{осв} - \mu v_a, \quad (2)$$

где μ - эмпирический коэффициент, зависящий от динамики восприятия освещаемых объектов в поле зрения; v_a - скорость движения транспортного средства, м/с.

Поправка μv_a учитывает тот факт, что с увеличением скорости движения транспортного средства сокращается расстояние, на котором объект может быть обнаружен, так как в динамических условиях восприятия обнаружение объекта требует большей его освещенности.

Критерием безопасности может служить коэффициент видимости $k_{вид}$, представляющий собой отношение величин дальности видимости S_e и остановочного пути S_0 , или коэффициент опасности движения $k_{о.д}$ - величина, обратная коэффициенту видимости [1]:

$$k_{вид} = S_e / S_0;$$

$$k_{о.д} = 1 / k_{вид} = S_0 / S_e.$$

Зависимости $k_{вид}$ и $k_{о.д}$ от скорости движения транспортного средства для различных значений S_e представлены на рис. 1.

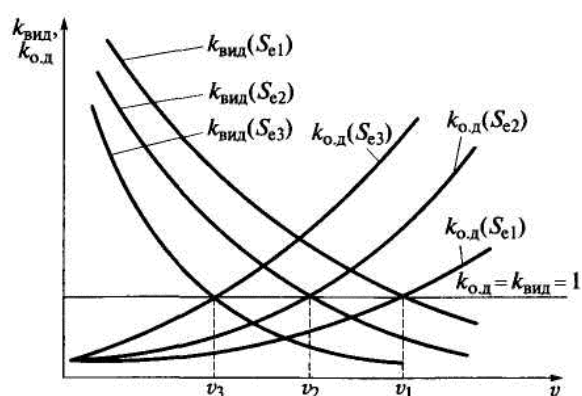


Рис. 1 – Зависимость коэффициентов видимости $k_{вид}$ и опасности движения $k_{о.д}$ от скорости: S_{e1}, S_{e2}, S_{e3} – различные значения дальности видимости

Коэффициент опасности движения $k_{о.д}$ при скорости движения, близкой к нулю, отличен от нуля (соответственно $k_{вид} \neq \infty$), так как

остановочный путь S_0 включает в себя время реакции водителя и время срабатывания тормозного привода и нулю равен быть не может.

При скорости движения $v = 0$ коэффициенты теряют смысл, так как движение отсутствует.

Известно, что реакция - это ответное действие организма на какой-то внешний раздражитель. Исследования показывают, что продолжительность формирования ответного действия водителя на включение тормозов составляет: 0,37 с у 2 % водителей ; 0,61 с – у 50 %; 0,78 и более у 48 % [2].

Экспериментально установлено, что при скорости 50 км/ч и времени реакции 0,6 с автомобиль до начала торможения пройдет 9 м, а до полной остановки при сухом покрытии – 44 м.

Ниже приведена таблица 1 отображающая расстояние, которое пройдет автомобиль на определенной скорости за определенное время реакции до начала торможения [4].

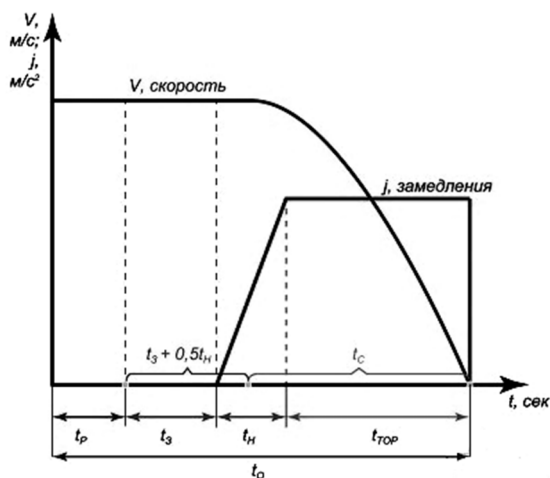


Рис. 2 – График зависимости формирования ответного действия водителя на включение тормозов

Также на реакцию водителя влияет функциональное отличие зависимостей силы света для огней разного цвета обусловлено различной спектральной чувствительностью человеческого глаза, ответственных за восприятие различных участков видимого спектра. На рис. 2 показана зависимость силы света сигнальных устройств в зависимости от скорости движения автомобиля.

Таблица 1 – Зависимость скорости движения автомобиля от времени реакции водителя

v , км/ч	Время реакции водителя, сек					
	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
10	1,38	2,22	2,77	3,33	4,16	5,55
12	2,78	4,44	5,55	6,66	8,33	11,10
30	4,16	6,68	8,33	9,99	12,46	16,66
40	5,55	8,88	11,11	13,33	16,66	22,22
50	6,94	11,10	13,88	16,66	20,82	27,77
60	8,33	13,33	16,66	19,99	24,99	33,32
70	9,72	15,55	19,44	23,33	29,16	38,88
80	11,11	17,17	22,22	26,66	33,33	44,44
90	12,50	20,00	25,00	30,00	37,50	50,00
100	13,88	22,22	27,77	32,32	41,65	55,54

Следует также учитывать фактор адаптации человеческого глаза к различным условиям освещения. Исходя из этого, чтобы избежать ослепления водителя сила света сигнальных огней должна быть в темное время суток значительно меньше, чем в дневное.

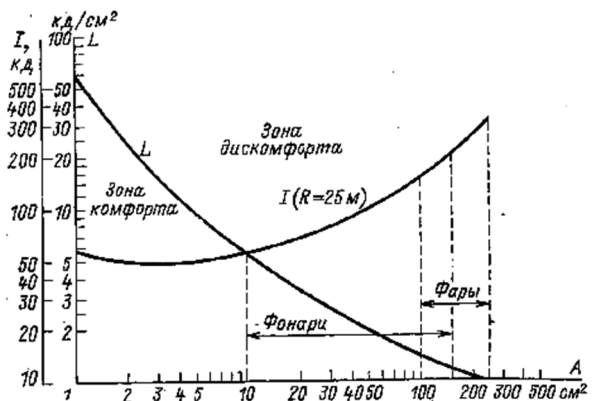


Рис. 3 – Зависимость минимальной светящей площади A сигнального огня от его силы света I , определяемая условием не слепящей яркости L

Основная часть

Существуют несколько подходов построения задних адаптивных сигнальных систем (Adaptive Rearlighting System – ARS) по конструкции и алгоритму работы. По конструкции фонарей задние сигнальные системы делятся на такие, которые используют линзу Френеля, а также на рефлекторные и комбинированные.

Фонарь с линзой Френеля не имеет отражателя, что значительно упрощает его конструкцию. Свет от источника направляется на специальный рассеиватель (линзу Френеля), который формирует луч нужных параметров.

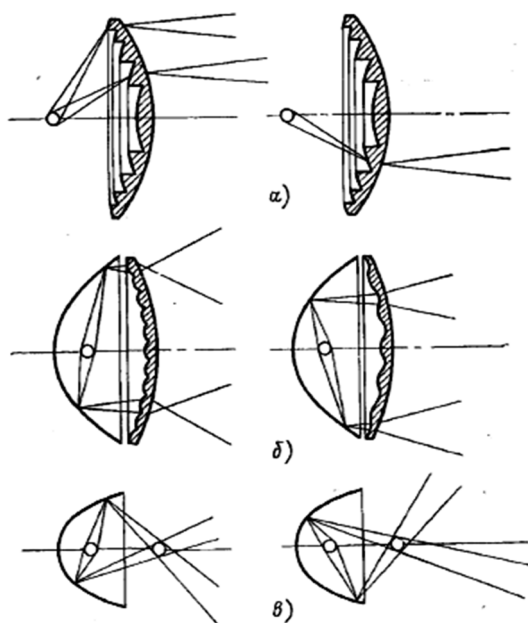


Рис. 4 – Светооптические системы сигнальных фонарей, слева вид по горизонтали, справа вид по вертикали

На рис. 4 приведены основные светотехнические системы задних фонарей. На рис. 4 а. оптическая система с дисковой линзой Френеля с прямым или кривым несущим слоем без отражателя. Наибольшими возможностями использования светового потока обладает система с параболическим отражателем рис. 4 б. Система с эллиптическим отражателем концентрирует световой поток во втором фокусе эллипса рис. 4 в.

В конструкции задних фонарей в основном используются отражатели свободной формы, реже параболические отражатели. Источник света располагается в фокусе отражателя (прямой отражатель). При использовании светодиодов, каждому светодиоду назначается своя область отражателя [4].

В последнее время внедряются системы с невидимым источником света. Основу их конструкции составляют светодиоды с косвенным отражателем. Светодиоды светят как бы со стороны, а свет от них отражается под углом 90° .

Практический интерес представляет конструкция заднего фонаря со сдвоенным отражателем. В такой системе два отражателя (один за другим) используются с одним источником света. Задний отражатель улавливает боковые лучи света и создает фоновое освещение. Передний отражатель создает луч света высокой интенсивности.

Преимущество использования светодиодов, заключается в компактности, долгом сроке эксплуатации, нечувствительности к вибрации, а также к быстрой чувствительности, что открывает большие возможности для реализации различных алгоритмов работы. Разница в реакции с обычной лампой накаливания составляет примерно 135 мс. Наряду с выше указанными преимуществами появляются возможности применения различных дизайнерских решений по оформлению задней части автомобиля.

Светодиоды открыли возможность создания **системы адаптивного заднего освещения** (Adaptive Rear-lighting System). Система приспособливает свет задних фонарей к изменяемым внешним условиям. На основании сигналов датчиков электронный блок управления обеспечивает работу задних фонарей в соответствии с условиями движения.

Стоп-сигналы, габаритные фонари, указатели поворотов адаптируются к условиям видимости (день, ночь, непогода). Так, стоп-сигналы в солнечный день будут работать более интенсивно, чем ночью. Другим направлением является адаптация света стоп-сигналов к величине тормозного усилия на педали. В соответствии с этим реализуется три режима работы стоп-сигналов: нормальный, повышенный, экстренный.

Таким образом, в основу работы адаптивных задних сигнальных систем мы закладываем следующие характеристики в виде изменения силы света, его частотных характеристик в зависимости от возникших условий, а также площади свечения светоиспускающих поверхностей.

Рассмотрим подробно задачи, которые возложены на отдельные блоки задних сигнальных фонарей и их решение на основе существующих правил ЕЭК ООН.

Задний габаритный (боковой) огонь: огонь, (красного цвета) предназначенный для сигнализации наличия и габаритной ширины транспортного средства сзади.

Обозначение задних габаритных (боковых) огней, - буква R. На рис. 5 показаны углы необходимые для хорошего обзора габаритной ширины автомобиля.

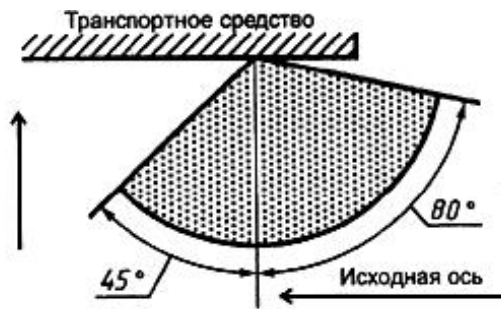


Рис. 5 – Углы обзора задних габаритных огней

Сигнал торможения: огонь, (красного цвета) предназначенный для подачи другим участникам дорожного движения, находящимся сзади транспортного средства, сигнала о том, что водитель привел в действие рабочий тормоз. Обозначение сигнала торможения- буквой S, за которой следует цифра: – 1 - для устройства с одним уровнем силы света; – 2 - для устройства с двумя уровнями силы света; – 3 - для устройства, которое отвечает конкретным требованиям, предъявляемым к сигналам торможения категории S3.

На рис. 6 показаны углы необходимые для хорошего обзора сигналов торможения с различным уровнем силы света.

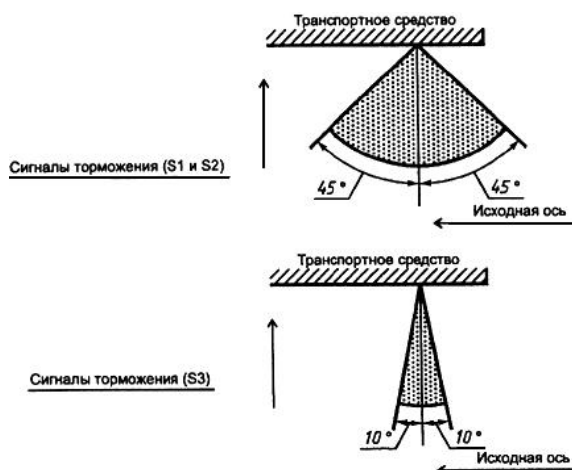


Рис. 6 – Углы необходимые для хорошего обзора сигналов торможения с различным уровнем силы света

Указатель поворота: огонь (желтого цвета). Устройство, которое приводится в действие водителем и обозначает его намерение изменить направление движения транспортного средства. Устройство с мигающим светом, в котором мигание происходит за счет прерывистой подачи электрического тока на лампу.

Обозначение указателей поворотов, - буква В. Включение различных режимов происходит в зависимости от погодных условий или времени суток. На рис. 7 показаны углы, необходимые для хорошего обзора сигнала указателя поворотов.

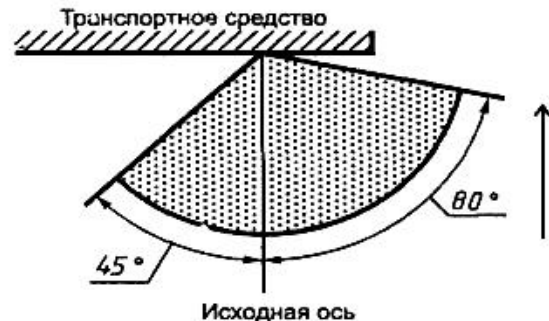


Рис. 7 – Углы, необходимые для хорошего обзора сигнала указателя поворотов

Задний ход: Состоит из двух огней белого цвета, которые включаются при движении автомобиля задним ходом.

Задний противотуманный огонь: огонь (красного цвета), предназначенный для улучшения освещения транспортного средства сзади путем подачи красного сигнала большей силы света, чем сила света задних габаритных фонарей. При движении в тумане за городом включается левая секция заднего противотуманного фонаря, обеспечивая два режима работы. Сначала включается первый уровень, при ухудшении погодных условий изменяет силу света в соответствии с режимом второго уровня.

Автором статьи, предложена конструкция и алгоритм работы заднего многосекционного фонаря с функциями совмещенного заднего габарита и стоп-сигнала (R/S), а также фонарем заднего хода (AR), поворота (2B) и левой противотуманной фарой (F) (для левостороннего движения), на основе нескольких кластеров светодиодов красного и белого цвета, для использования на автомобилях среднего класса. Светодиодный кластер *cluster* – скопление, группа – устройство или часть устройства определенного размера с несколькими работающими совместно светодиодами и представляющее собой единый управляемый светодиодный излучатель).

На основании проведенного анализа опубликованных данных автором предложено новая концепция развития заднего адаптивного

освещения автомобиля.

Алгоритм работы адаптивного сигнального фонаря в зависимости от условий внешнего освещения, загрязненности, а также тормозных усилий и направления перемещения автомобиля рассмотрен ниже [6].

Фонарь представляет собой блок, в конструкции которого входят несколько секций рис. 8.

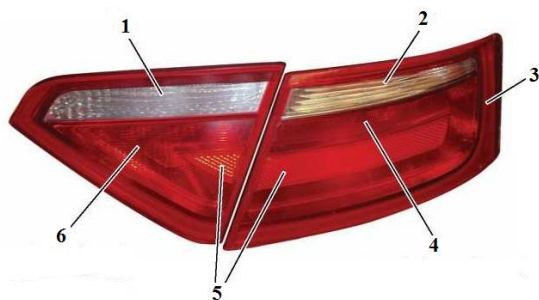


Рис. 8 – Конструкция адаптивного заднего сигнального фонаря: 1 – задний ход; 2 – указатель поворотов; 3 – боковой отражатель боковой габаритный фонарь (светодиод); 4 – задний габаритный огонь / стоп-сигнал (для заднего габаритного огня управление с регулировкой яркости); 5 – световозвращатель; 6 – Задний габаритный огонь / задний противотуманный огонь для заднего габаритного огня управление с регулировкой яркости

Габаритные огни Предусмотрен двухуровневый режим работы: 1-й уровень с малой силой света ночью (R1/S1), 2-й уровень с высокой силой света днем (R2/S2) рис. 8.

Тормозные огни предусмотрен более сложный алгоритм работы, основанный на работе тормозной системы. Существует три вида торможения:

Экстренное торможение используется в случае возникновения непредвиденной дорожной ситуации: для предотвращения столкновения с другой машиной или препятствием, а также наезда на пешехода. Экстренное торможение используется в критических ситуациях, связанных с дефицитом времени и расстояния. Оно реализует самое интенсивное замедление с учетом тормозных свойств автомобиля, а также возможностей водителя применить традиционные или нетрадиционные приемы в зависимости от коэффициента

сцепления шин с дорогой и других внешних условий [5].

Служебное торможение применяется для намеренного снижения скорости или для остановки машины там, где это необходимо. В этом случае причиной торможения являются штатные условия езды, а не возникновение опасной ситуации. Служебное торможение (с интенсивностью замедления менее 3 м/с^2) не связано с дефицитом времени для замедления или остановки автомобиля и в нормальных условиях движения является наиболее приемлемым, так как осуществляется в комфортной зоне отрицательных ускорений [5].

Аварийное торможение применяется при выходе из строя или отказе рабочей тормозной системы и во всех других случаях, когда эта система не позволяет добиться необходимого эффекта [5].

Проведенные компанией Мерседес исследования, показали, что при экстренном торможении, импульсный режим работы света стоп-сигналов с частотой вспышек 1,5 – 2,5 Гц существенно улучшает реакцию водителя на 23 с. В качестве первичных преобразователей возможно использование сигналов акселерометров систем торможения Brake Assist system (BAS).

Для этого предусмотрено изменение силы света основного кластера в зависимости от тормозного усилия, и включения дополнительного кластера большей площади с удвоенным числом светодиодов и частотой импульсов 1.5 Гц в случае экстренного торможения.

При этом дополнительный кластер стоп-сигнала может излучать красный свет другого диапазона длин волн 650 нм отличный от цвета основного стоп-сигнала 620 нм.

В данной работе предлагается учесть еще один фактор изменения замедления движения автомобиля под уклон или на подъем, то есть учесть ускорение, обусловленное силой тяготения. Значение такого ускорения может достигать $0,25 g$.

Нивелировать этот эффект позволяет компьютерная обработка сигнала от акселерометра.

Датчик ускорения (другое название – акселерометр) измеряет ускорение или в соответствии со вторым законом Ньютона силу, вызывающую ускорение инерционной массы.

Предусмотрено три уровня визуального предупреждения, отличающихся частотой и длительностью вспышек стоп-сигналов в зависимости от скорости замедления автомобиля. Пороговое значение, при котором начинается мигание стоп-сигналов, определяется акселерометром.

Указатель поворота Предусмотрен двухуровневый режим работы: 1-й уровень с малой силой света ночью (B1), и 2-й уровень с высокой силой света днем (B2). Также может быть заложен еще один алгоритм работы указателей поворота в режиме аварийной остановки при аварийном торможении. При выходе из строя тормозной системы, т.е. при аварийном торможении включаются не только стоп сигналы, но и аварийная сигнализация, предупреждая других участников движения о возникшей неисправности в автомобиле.

Задний ход: Помимо основных двух секций кластеров светодиодов белого цвета предусмотрены две дополнительные по наружной части фонаря. Две дополнительные секции (левая и правая) включаются дополнительно при соответствующих поворотах руля. Эту функцию можно реализовать при двух условиях, если автомобиль оснащен электромеханическим усилителем руля или системой ABS и ESP, которые сейчас устанавливаются в базовой комплектации многих производителей.

Противотуманный огонь. При движении за городом в плохих погодных условиях слева включается секция заднего противотуманного фонаря, обеспечивая два режима работы. Первый уровень с малой силой света (F1), которая при ухудшении погодных условий изменяет силу света в соответствии с режимом второго уровня (F2).

Это позволяет предложить новый принцип функционирования задних сигнальных фонарей при различных погодных и внештатных ситуациях. В отличие от различных рассмотренных решений, предлагаемая схема может быть легко реализована выбором соответ-

ствующих светодиодов. Поскольку задние фонари обладают осевой симметрией, то это обеспечивает любые дизайнерские решения при компоновке модулей светодиодов в фонаре. Вся процедура сводится к адаптации электрического режима работы драйвера светодиодов.

На рис. 9 представлена разработанная блок-схема адаптивного сигнального заднего фонаря.

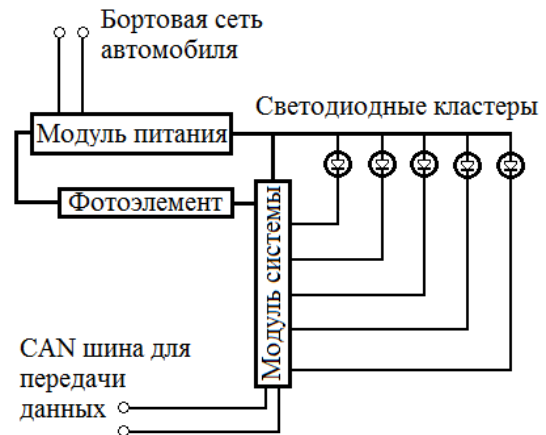


Рис. 9 – Блок-схема адаптивного заднего сигнального фонаря

Модуль адаптивной системы задних осветительных приборов через коммуникацию CAN получает информацию о транспортном средстве (сигнал угла поворота рулевого колеса, скорость наклон транспортного средства и т.д.).

На основании полученной информации он производит вычисление алгоритма и корректирует параметры работы заднего фонаря. Управляющая часть контролирует выходную часть путем анализа и оценки входного сигнала. Он также работает в аварийном режиме, если произошел отказ системы.

В случае отказа системы на дисплее приборной панели будет мигать сообщение OFF (адаптивная система задних осветительных приборов выключена).

Встроенный в фонарь светочувствительный элемент выдает сигнал, который зависит от внешнего освещения и технического состояния фонаря. При изменении погодных условий, а также при ухудшении прозрачности рассеивателя в результате естественного старения или абразивного износа полимера, си-

ла света остается в пределах допуска согласно требованиям Правил ЕЭК ООН. Допускается установка светочувствительного элемента только в одном блоке фар.

Выводы

Таким образом, в основу работы современного адаптивного сигнального заднего фонаря заложены алгоритмы изменения силы света, его частотные характеристики, а также площади свечения светоиспускающих поверхностей огней. Произведен анализ условий освещения и динамики автомобиля.

Разработана концептуальная конструкция адаптивного светодиодного заднего комбинированного фонаря. Предложены новые алгоритмы работы заднего фонаря при различных погодных условиях и в зависимости от степени загрязненности, а так же в светлое и темное время суток, что позволит повысить безопасность движения на дорогах.

Литература

1. ATSB, 2002, "Motorcycle Safety", Monograph 12, Australian Transport Safety Bureau, October 2002.
2. Rumar K. 2003. "Functional Requirements for Daytime Running Lights", University

of Michigan Transportation Research Institute, UMTRI-2003-11, May 2003.

3. Акимов, С.В. Электрооборудование автомобилей / С.В. Акимов, Ю.Л. Чижков. – М. : ЗАО КЖИ «За рулем», 2001. – 384 с.
4. Соснин, Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей : учеб. пособие / Д.А. Соснин. – М.: СОЛОН-Р, 2001. – 272 с.
5. Волков, В.С. Светотехническое и приборное оборудование транспортных машин : учебное пособие / В.С. Волков. – Воронеж : Изд-во Воронежской ГЛТА, 2004. – 88 с.
6. Сернов, С.П. Адаптивные оптические системы светотехнического оборудования транспортных средств: Научно-технический журнал «Приборы и методы измерений» / С. П. Сернов, Д. В. Баллонов, Т.В. Колонтаева и др. – Минск: №2 (3), 2011. 13 – 19 с.

Рецензент: Д.М. Клец, профессор, д.т.н., ХНАДУ

Статья надійшла до редакції 20 жовтня 2017 р.