

## АНАЛІЗ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ РІВНЯ СВІТЛА ФАР У СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

**О.Я. Ніконов, професор, д.т.н., В.О. Баранова, аспірант,  
Р.Т. Гудаєв, студент, І.М. Прищепа, студент ХНАДУ**

*Анотація.* Адаптивна система переднього освітлення стає все більш популярною сьогодні. При моделюванні системи управління автовирівнювання дуже важливо забезпечити її функціональність і порівняти реальний вихід системи.

*Ключові слова:* адаптивна система переднього освітлення, фара, моделювання, інтелектуальна система.

## АНАЛИЗ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ СВЕТА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

**О.Я. Никонов, профессор, д.т.н., В.О. Баранова, аспирант,  
Р.Т. Гудаев, студент, И.Н. Прищепа, студент ХНАДУ**

*Аннотация.* Адаптивная система переднего освещения становится все более популярной сегодня. При моделировании системы управления автовыравнивания очень важно обеспечить ее функциональность и сравнить реальный выход системы.

*Ключевые слова:* адаптивная система переднего освещения, фара, моделирование, интеллектуальная система.

## ANALYSIS SYSTEM OF CONTROL LEVEL LIGHT OF THE HEADLAMPS IN MODERN INTELLIGENT SYSTEM OF THE VEHICLE

**O.J. Nikonov, professor, dr. eng. sc., V.O. Baranova, post graduate student,  
R.T. Gudaev, student, I.N. Prischepa, student, KhNADU**

*Abstract.* Adaptive front lighting system is becoming increasingly popular today. In the simulation control system Auto-Align is very important to ensure its functionality and compare the real output of the system.

*Keywords:* adaptive front lighting system, headlamp, simulation, intelligent system.

### Вступ

При управлінні автомобілем, оснащеним звичайною системою головного освітлення, в нічний час або в умовах поганої видимості водій позбавлений можливості отримувати повну візуальну інформацію. Узбіччя дороги, предмети на ньому залишаються поза зоною ясної видимості. Однак, жорстко закріплені фари, навіть якщо вони правильно відрегу-

льовані, освітлюють обмежений простір попереду автомобіля і в набагато меншому ступені - простір по обом сторонам від напрямку руху машини. Тому що статичні фари просто забезпечують певне освітлення поля зору для водіїв у нічний час, яке є недостатнім, щоб служити для доріг і перетинань. Виходячи з цього була запропонована передова система переднього освітлення (ПСПО).

## Аналіз публікацій

Проблема інтелектуалізації системи адаптивного головного світла автомобіля ретельно розглянута у дослідженнях, що присвячені розвитку адаптивної системи переднього освітлення [1]. Найбільш близьким до запропонованої системи є система керування системою автоматичної адаптації світлотіньової границі проміння фар ближнього світла [2], що представляє собою систему керування світлотіньовою межею за допомогою системи датчиків, які виявляють положення інших транспортних засобів, а також включених в електричну схему процесора і блока електронного керування (ECU) для автоматичної адаптації світлотіньової межі променя фар ближнього світла, що забезпечує зниження (запобігання) засліплення шляхом керованого освітлення поверхні дороги попереду транспортного засобу. При цьому перехід від променя фар дальнього світла до променя ближнього світла відбувається відносно швидко, що сприяє уникненню дискомфорту водія. Завдяки запропонованій системі датчики транспортного засобу збирають інформацію, після чого оброблена інформація поступає в електроні блоку освітлення.

До недоліків розглянутої системи керування системою автоматичної адаптації світлотіньової границі проміння фар ближнього світла належить відсутність отримання водієм інформації про постійні зміни транспортного середовища, тобто відсутність можливості повністю оцінити інформацію про стан дороги та забезпечити оптимальне освітлення дороги.

Узагальнення задач інтелектуальної системи адаптивного головного світла автомобіля було виконано у вигляді прототипів, симуляторів інтелектуальної системи адаптивного головного світла автомобіля.

### Мета та постановка задачі

Сучасний автомобіль повинен мати таку комп'ютерну систему, яка на основі механізму адаптації та самонавчання в автоматичному режимі враховує постійні зміни середовища руху транспортного засобу, опосередковано оцінює первинні характеристики, узагальнює отриману інформацію та забезпечує освітлення дороги.

Об'єктом дослідження виступає процес інтелектуалізації автомобіля. Предметом дослідження є інформаційна технологія, її інформаційно-комунікаційна частина, яка забезпечує освітлення дороги попереду автомобіля.

Робота спрямована на підвищення інформативності учасників дорожнього руху. Для досягнення цієї мети треба вирішити задачу надання водіям та особам, що приймають рішення з організації транспортних процесів, інформації про дорожні ситуації.

Мета цієї системи полягає в забезпеченні освітлення для водія транспортного засобу, щоб керувати безпечно в темряві.

### Аналіз системи головного освітлення транспортного засобу

Фари автомобіля мають першочергову задачу оптимально освітлювати дорожнє полотно, щоб забезпечувати безпечний рух. Також фари, включаючи і їх джерела світла, є важливими для безпеки деталями автомобіля, для застосування яких вимагається офіційний дозвіл і на яких не допускаються недозволені маніпуляції. Вид і місце установки функцій освітлення на автомобілі, а також їх конструкція, джерела світла, колір і світлотехнічні параметри регламентуються законодавством.

Головним недоліком звичайних фар є те, що промінь світла, що випускається ними, жорстко до них прив'язаний і світить тільки прямо, тобто він нерухомий (не беремо до уваги ті випадки, коли коректором можна відрегулювати кут нахилу проміння, але навіть тоді він статичний). При повороті на автомобілі зі звичайними фарами, поворот освітлюється не відразу (якась його частина знаходиться ще в темряві навіть коли транспортний засіб почав повертати), що несе певну небезпеку.

Зовсім інша картина виходить, коли в роботу вступає адаптивне освітлення. У цьому випадку фари містять рухливий елемент, що реагує на кут повороту рульового колеса, який повертається в ту ж сторону, що і транспортний засіб, і на кут, достатній, щоб освітити всю ділянку дороги. Також електроніка автомобіля контролює положення світлового променя по вертикалі і автоматично вирівнює його рівень. Таким чином, жоден метр

повороту не буде неосвітлений.

Першим таке класичне пристрій, як система адаптивного освітлення придумав ні хто інший, як Фольксваген і назвав її Advanced Frontlighting System (AFS). Але якщо проаналізувати історію фар, то першим був Citroen, який установив поворотні фари була взагалі технологічним проривом тих років.

Адаптивне світло представляє собою систему головного освітлення, яка автоматично змінює напрямок світлового потоку фар синхронно з напрямком руху автомобіля. Адаптивним світлом оснащуються деякі моделі автомобілів Volkswagen Phaeton, Volkswagen Touareg, Volkswagen Passat та тощо. Системи адаптивного освітлення випускаються й іншими компаніями, зокрема - компанією «Hella». Її система adaptive forward lighting (AFL) відрізняється від AFS тим, що в неї включена додаткова пара допоміжних фар, що включаються при різкому повороті керма і освітлюють праву і ліву сторони дороги по ходу автомобіля.

Обов'язково варто сказати, що адаптивні фари не тільки повертаються, але також ще оберігають водіїв зустрічного транспорту. Справа в тому, що як тільки датчики бачать зустрічний автомобіль, електроніка зменшує дальність світлового променя лівої фари (правої - в країнах з лівостороннім рухом), щоб не засліпити водія, звільняючи його від постійного перемикання між дальнім і ближнім світлом. Ще однією особливістю AFS деяких виробників є те, що чим вище швидкість, тим далі світять фари, але ширина променя зменшується, а також чим повільніше рухається автомобіль, тим більш широку зону (дорогу та узбіччя) освітлюють фари.

У порівнянні з цим, Audi вдалося піти ще далі і придумати те, що ще кілька років тому можна було вважати нереальним: інженери компанії змогли синхронізувати роботу навігаційної системи, фронтальної камери і фар. Це виглядає так: електроніка, що відповідає за роботу фар, отримує сигнал від камери та автомобільної навігаційної системи, яка знає в якій точці карти знаходиться транспортний засіб, і завчасно готує фари для повороту в потрібну сторону. Такій системі поворотний механізм, як у AFS, не потрібен, що виключає збій в роботі. В даний момент така технологія використовується тільки на діючих фарах.

На жаль, система «розумного» освітлення не встановлюється в базовій комплектації навіть на моделі преміум-класа. Максимальний кут, на який повертаються фари, варіюється від 15 до 25 градусів, причому зазвичай повертається ближня до повороту фара (якщо повертати направо, то і права фара повернеться слідом, а ліва залишиться нерухомою). В результаті цього, площа ділянки дороги, яку вдасться освітлити, помітно зростає.

Принцип роботи системи адаптивного головного світла транспортного засобу полягає в тому, що сама фара залишається нерухомою, а повертається тільки світловий блок, що знаходиться всередині фари, за допомогою малого крокового електродвигуна. Останній отримує всю необхідну інформацію від бортового комп'ютера, який збирає її від різних датчиків, встановлених на автомобілі. Враховуються кут нахилу керма, швидкість руху автомобіля, робота системи стабілізації, датчик дощу, швидкість роботи щітки склоочисника.

В області безпеки інженери враховують всі нюанси, навіть інформацію з датчика дощу зчитується, щоб скоротити кут повороту фар в дощовий день і, щоб таким чином, не засліпити зустрічного водія, який також робить поворот. Електродвигун адаптивної системи працює плавно, тому й світловий блок повертається без ривків. Якщо подивитися статистику, то автомобілі з системою AFS в 3 рази рідше потрапляють в аварії.

Система адаптивного освітлення покликана суттєво покращити освітленість дороги в темний час доби за допомогою електроніки, яка відповідає за інтенсивність світлового променя і кут повороту фар.

Технічна сторона питання щодо поліпшення видимості:

- високі значення засліплення: за допомогою вимірювань було встановлено, що активний розподіл світла фари, розробленої для галогенових ламп, і тепер нелегально експлуатованої із ксеноновим джерелом світла, жодним чином не відповідає спочатку розрахованим значенням;
- в відбиваючих системах були отримані значення засліплюючого світла, які до 100 разів перевищували допустимі граничні значення;
- крім того, фари цих автомобілів не мали

світлотіньової межі і були не регульовані, а також значення засліплюючого світла відповідають значенням для фар дальнього світла, що веде до підвищення небезпеки для інших учасників дорожнього руху.

Існує таке поняття як адаптивний ксенон – це все та ж лінзована оптика, з газорозрядною ксеновою лампочкою всередині, але є у неї одна важлива відмінність. Адаптивний ксенон забезпечений поворотним механізмом і пов'язаний з датчиком повороту керма. Таким чином, при переміщенні рульового колеса вправо або вліво, пучок світла змінює свій напрямок у бік повороту автомобіля. Такі фари необхідні для поліпшення видимості і, відповідно, підвищення рівня безпеки всіх учасників дорожнього руху.

Щоб все стало більш зрозуміло, розглянемо класичну дорожню ситуацію, коли ви підїжджаєте вночі до повороту, а на транспортному засобі стоять звичайні галогенові або навіть ксенонові фари. У цьому випадку фари світять прямо, і навіть якщо у вас включено протитуманне світло, яке більш розсіяне в сторони світло, все одно неможливо побачити, що відбувається за поворотом, тому доводиться скинути швидкість і вдивлятися в темряву дороги.

Розглянемо цю ж ситуацію, але з поправкою на те, що на транспортному засобі встановлено адаптивний ксенон. Тоді, як тільки відбувається поворот рульового колеса, обидві фари тут же змінюють напрямок і вже на самому початку руху освітлюють вигин дороги. Що, по-перше, надає водієві можливість трохи розслабитися і насолоджуватися відмінним оглядом освітленої проїжджої частини, а, по-друге, дає більше часу на реагування у разі виникнення на дорозі перешкоди або якогось рухомого об'єкту.

Цей тип освітлення як опція з'явився вже досить давно, але через свою дорожнечу користувався попитом тільки на автомобілях представницького та люкс класів. Що ж стосується різновидів адаптивного ксенону, то він, так само як і в стандартних газорозрядних лампах, ділиться на ксенон (тільки ближній) і адаптивний бі-ксенон.

Бі-ксенон означає, що дальнє і ближнє світло фар реалізується за допомогою одного проєкційного модуля. І відповідно для нього не-

обхідно тільки один пусковий пристрій. Це означає, що для установки потрібно мінімум місця, а по суті отримуєте два потужних світлових потоки в одному. Завдяки застосуванню рухомого екрану можна механічно перемикатися між розподілами світла для далекого і ближнього світла. При цьому, за винятком сервомеханіки екрану, немає необхідності в додаткових витратах на окрему фару з власною керуючою електронікою. До того ж потужність дальнього світла більше, і крайові ділянки дороги освітлюються значно краще.

### **Аналіз процесу регулювання рівня світла фар**

Безпечний рух в темний час доби може здійснитися тільки з фарами, що мають правильний кут нахилу [1-3]. На підставі нормативно продиктованого в даний час в Європі ручного регулювання дальності освітлення галогенними фарами, коли водій має можливість за допомогою перемикача на панелі приладів відрегулювати нахил фар відповідно з поточним рівнем заряду батареї. Регулювання нахилу, як правило, виконується за допомогою електричного серводвигуна. Розроблені згодом автоматичні системи регулювання кута нахилу фар автоматично виставляють кут нахилу відповідно до положення автомобіля на дорозі. Подібні системи, як уже згадано, законодавчо приписані при використанні ксенонових фар.

При наявності ручного регулювання водій повинен сам регулювати перемикачем кут нахилу фар. Існують як пневматичні, так і електричні системи, при цьому проблема полягає в тому, що багато водіїв недостатньо інформовані про можливості регулювання і її функціями в своєму автомобілі, та при неправильному використанні можуть засліпити водіїв зустрічних транспортних засобів.

У системах, які в даний час існують на ринку, використовуються електричні серводвигуни, які (в 3-му поколінні) мають додаткові функції (версія 3i). Компанія Hella пропонує кожному клієнту відповідне конкретно йому системне рішення. Існують серводвигуни коректора фар, які монтуються в саму фару, а також серводвигуни для зовнішньої установки, з ручною базовою регулювання і без неї, версії з живленням 12 і 24В. Повністю автоматизоване виробництво з високими стандар-

ртами якості забезпечує випуск більш 10 млн. серводвигунів на рік.

Інтелектуальний кроковий двигун (ISM) об'єднує в мехатронний модуль біполярний кроковий двигун і силові електронні пристрої, які зазвичай розміщуються в окремому блоці управління. Основним компонентом двигуна ISM є інтегрована мікросхема, яка реалізує комплексне включення кроковим двигуном, проводить діагностику та комунікацію з вищестоящою системою через комунікаційний модуль з інтегрованим інтерфейсом LIN-шини.

Важливими функціональними перевагами інтелектуального крокового двигуна є мікрокроковий режим керування (робота з низьким рівнем шуму і резонансу):

- можливість діагностики;
- поліпшена характеристика;
- напівавтономна обробка помилок;
- оптимізована система дротових з'єднань.

У відношенні регульованих систем фар компанія Hella насамперед робить ставку на технологію використання двигунів ISM. Поряд з використанням інтелектуального крокової двигуна в динамічному коректорі фар ними оснащуються також і динамічне адаптивне освітлення і валик модуля VARIO<sub>XR</sub>.

З 1995 року блоки керування Hella використовуються для автоматичного і динамічного коректора фар в автомобілях з ксеноновим світлом.

Нове покоління блоків керування коректора фар відрізняється наявністю додаткового виходу LIN-шини і, завдяки цьому, перетворюється в універсальний стандартний компонент. Величини ходу ресор від датчиків осей обробляються в блоці управління і за допомогою алгоритмів перераховуються в керуючі параметри регулювання нахилу фар. Модульна конструкція блоків управління дозволяє таким чином комбінувати окремі компоненти у відповідності з різними вимогами замовників, чим досягається максимум синергії витрат і гнучкості. Завдяки інтерфейсу CAN-шини, блок керування через кодування або програмування специфічних параметрів може адаптуватися до різних моделей автомобілів.

У цілому ряді комплектацій автомобіля, що підвищують безпеку і комфорт, таких, на-

приклад, як активна ходова частина, регулювання рівня, а також автоматичне регулювання нахилу фар, необхідно визначати відповідне положення кузова автомобіля.

У індуктивному датчику положення кузова автомобіля принцип роботи наступний: на друкованій платі розміщуються декілька об'єктів струмом котушок, що створюють електромагнітне поле, а над цією друкованою платою рухається з'єднаний з допомогою приводного важеля датчика металевий ротор, який впливає на електромагнітне поле. В залежності від положення важеля датчика зміна поля реєструється іншими знаходяться на друкованій платі датчика котушками й аналізується за допомогою спеціально розробленої для цього інтегральної схеми.

За допомогою цього датчика можлива обробка різних кутових діапазонів з постійною високою лінійністю. Індуктивний датчик осі передає як аналоговий сигнал, так і ШІМ-сигнал. Датчик працює з винятковою точністю і абсолютно незалежно від температури. При цьому нульове положення датчика індивідуально варіюється. Модернізацією цього датчика є новий індуктивний датчик, який передає з округлості періодичний, стислий на 75% ШІМ-сигнал. Завдяки цьому цей датчик використовується як ідентичний компонент на різних платформах. Різниця установочного положення і монтажних допусків при цьому компенсуються за допомогою електронної юстирування в обробному блоці керування.

Для автоматичного регулювання нахилу фар в компактних автомобілях на подальшій щаблі розвитку окремий блок керування був інтегрований в датчик осі: Sensor Integrated Electronic Control Unit (SIECU).

Базою інтегрованого в датчик блоку керування коректора фар є індуктивний датчик положення кузова автомобіля. Механічні інтерфейси, такі, як кріплення і важіль датчика, відповідають аналогічними інтерфейсами датчиків осі.

Інтегрований датчик в блоці керування на задній осі реалізує завдання автоматичного регулювання нахилу фар не тільки в автомобілях з ксеноновими фарами, але, в якості заміни ручного регулювання, веде до значного підвищення комфорту і безпеки в автомо-

білях з галогеновими фарами.

У інших автомобілів фари повертаються в початкове положення і залишаються там. Проте водій в будь-якому випадку інформується про наявність помилки через сигнальні лампи або через текстове повідомлення на панелі приладів.

### Висновки

Аналіз науково-технічної і патентної літератури з питань створення автоматичних та адаптивних систем керування головним світлом автомобіля дозволяє зробити висновок про те, що сучасні інформаційно-керуючі системи головного світла автомобіля можуть бути побудовані з використанням розвиненої математичної моделі об'єкту керування з урахуванням стохастичних характеристик зовнішніх збурень, що діють на об'єкт. Для параметричного синтезу таких систем необхідно застосовувати інваріантні інтелектуальні системи зі змінною структурою на основі теорії штучних нейронних мереж.

### Література

1. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст]: [монография] / Д. Рутковская, М. Пилиньский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 452 с.
2. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления [Текст]: [монография] / В.И. Гостев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.
3. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем [Текст]: [монография] / Волков В.П., Волков Ю.В., Матейчик В.П., Никонов О.Я. – Харків: ХНАДУ, 2013. – 400 с.

Рецензент: В.П. Волков, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 12 травня 2015 р.