

РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ CAN МЕРЕЖІ

Сорока К. О.¹

¹Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

Анотація Виконано аналіз характеристик CAN мережі та порівняння з відомими електронними інтерфейсами: RS-423, RS-422 і RS-232. Перевагами CAN є висока захищеність, надійність та безпомилковість роботи, а також можливість забезпечити адаптивне управління з використанням удосконалених протоколів обміну інформацією. Розроблено проекти систем актуальних для впровадження. Проект системи адаптивного освітлення (AFS), рекомендації NECE: No. 123. Система автоматизованого збору оплати за проїзд в тролейбусі. Обидві систем реалізовані на одній CAN шині. Розроблено проект системи вибору оптимальних режимів руху на маршруті з економією електроенергії.

Ключові слова: CAN мережа, інтелектуальна система, автомобіль, тролейбус, адаптивне освітлення, енергозбереження інтерфейс.

Вступ

Розвиток транспортних засобів (ТЗ) відбувався від перших колісних екіпажів з кінною тягою до заміни тяги двигунами: спочатку паровими, а пізніше внутрішнього згоряння. В наш час здійснюється перехід до ТЗ на електричній тязі. Основна увага конструкторів була направлена на збільшення швидкості, забезпечення надійності, без аварійності, комфорту шляхом вдосконалення механічних пристроїв ТЗ. З появою електричних систем, розвитку електроніки все більша увага приділяється електричним і електронним системам керуванню роботою вузлів ТЗ. Основним напрямком стала автоматизація роботи системи керування за допомогою електроніки. Проте можливості електроніки не безмежні. При всіх позитивних характеристиках і швидкодії електронних систем лишаються проблеми організації їх взаємодій у таких складних і великих системах як автомобіль чи інший транспортний засіб. Зараз, з розвитком інформаційних технологій в ТЗ впроваджуються інтелектуальні системи керування, які не тільки забезпечують надійну і безаварійну роботу, а в багатьох випадках замінюють водія, полегшують його працю. Основними інструментами реалізації інформаційних технологій є мікропроцесори, система датчиків і виконавчих механізмів, які об'єднуються за допомогою різних інтерфейсів і CAN мережі для сумісної роботи, керування якою здійснюється бортовими комп'ютерами ТЗ. Метою цієї роботи є аналіз різних інтерфейсів електронних систем, вибір найбільш перспективних для забезпе-

чити інтелектуального керування. В роботі розглянуто використання CAN мережі і реалізація за їх допомогою завдань інтелектуального керування роботою вузлів та транспортних засобів в цілому. Відповідно лозунгу фірма Tesla формулює завдання в області автобудування: Змусити автомобіль думати. Об'єднати автомобіль з комп'ютером, комп'ютер з людиною і дорогою. Зробити автомобіль таким, який зможе думати краще людини, швидше, берегти її життя виправляючи її помилки. Задати нові стандарти безпеки. [1].

Актуальність роботи зумовлена широким використанням інформаційних технологій, без яких неможливе забезпечення технічних характеристик транспортних засобів відповідно сучасних вимог транспортного будівництва та практики експлуатації.

Основна проблема вітчизняної транспортної галузі це відставання в сфері впровадження передових інформаційних технологій і необхідність досягнення рівня передових автомобільних фірм Європи та світу. На подолання існуючого відставання направлена робота спеціалістів в університетах і, певною мірою, авторів статті.

Аналіз публікацій

Для забезпечення надійної роботи ТЗ, полегшення роботи водія, в автомобілях встановлюють різні електронні системи керування. Автомобілі перетворюються у вмістилище електронних приладів, проводів, з'єднань, перемикачів тощо. Довжина проводів сягає двох кілометрів. Проте сама досконала елек-

троніка ускладнює автомобіль, і роботу водія та технічне обслуговування.

Для забезпечення роботи електричного та електронного обладнання впроваджують різні інтерфейси, які забезпечують його узгоджену роботу. В цій якості використовують програмовану систему процесорів АРДУІНО [2, 3], інтерфейси типу: RS-423, RS-422 та найбільш сучасні RS-485 [4]. Це багато точкові системи зв'язку з 32 вузлами в одиночному виконанні і до 256 вузлів в разі використання репітерів (повторювачів) і підсилювачів. Швидкість передачі даних у них 100 Мбіт/с. Проте вони не задовольняють в повній мірі вимогам створення інтелектуальної системи керування.

Поряд з тим в ТЗ різного типу впроваджуються CAN мережі [5]. Розробники мережі поставили завдання замінити всі проводи в ТЗ однією парою проводів і об'єднати електричне обладнання в єдину систему. Основою розробки послужило прийняття відкритого стандарту взаємодії телекомунікаційних мереж ВТС (OSI).[6]. На його основі, з використанням протоколів фізичного і каналного рівнів фірма BOOSCH розробила CAN мережу, яка повністю змінила автомобіль, його системи, методи керування, методи проектування та розробки.

Стандарт CAN шини розроблений компанією Robert Bosch GmbH в 1983р. [7]. У лютому 1986 року фірма представила його на конгресі Товариства автомобільних інженерів (SAE). Сьогодні майже кожен легковий автомобіль у Європі оснащений мережею CAN (Controller Area Network). З впровадженням CAN автомобіль поступово стає інтелектуальним ТЗ, в якому функції водія суттєво спрощуються, а надійність роботи та безпека підвищуються. CAN впроваджуються не тільки в автомобілях, а в інших транспортних засобах: поїздах, автобусах, сільськогосподарчих машинах на підводних човнах, і на космічних апаратах.

CAN-шина забезпечує підключення та інтелектуальне керування будь-якими пристроями ТЗ та його режимом руху. На ринку присутня CAN у двох версіях: версія 2.0 А з 11-бітовою ідентифікацією повідомлень (в системі може бути 2048 повідомлень), версія 2.0 В – 29-бітову (536 млн повідомлень). Версія 2.0 В, (FullCAN), поступово витісняє версію 2.0 А (BasicCAN). Сучасні транспортні засоби мають електронні блоки управління (ЕБУ), які через CAN мережу керують

двигуном, коробкою передач, гальмами, рульовим колесом, системою безпеки, комфорту, здійснюють автоматичну парковку, працюють в режимі автоведення. Декілька ЕБУ в ТЗ об'єднують CAN мережею для спільного використання інформації.

Впровадження електронного керування привело до принципово нових рішень в транспортному машинобудуванні. Досить відмітити заміну карбюраторних двигунів інжекторними. Інжекторний двигун суттєво простіший від карбюраторного. В ньому подача робочої суміші в циліндри здійснюється простим жиклером, який в потрібний момент за потрібний проміжок часу здійснює строго дозоване вприскування суміші. Об'єм пального, яка вприскується в кожен циліндр двигуна розраховується досить точно. ЕБУ аналізує покази датчиків, положення колінчастого валу, дросельної заслінки, температури охолоджуючої рідини, температуру двигуна, масову витрату повітря. Змінюючи проміжок часу відкриття повітряного каналу, регулює обсяг повітря, що надходить в циліндри, збільшує тривалість уприскування на непрогрітому двигуні і зменшує його в міру прогріву двигуна. Здійснюється коригування складу паливної суміші за показами зонду вихлопу по системі зворотного зв'язку.

Інжекторні двигуни відомі давно. Їх в обов'язковому порядку встановлювали на літаках, оскільки карбюраторні і дизельні двигуни при маневрах літака працювати не могли. Проте конструкція їх була надто складною і в наземних ТЗ майже не використовувались. Реалізувати в механічній системі вприскування суміші в циліндри у потрібний моменті і потрібній кількості досить складне технічне завдання, яке ставить великі вимоги до механізмів. При електричному керуванні двигуном реалізувати потрібну точність роботи також досить важко, адже кількість пального залежить від режиму роботи двигуна і цілого ряду чинників. Інша справа використання електроніки і комп'ютерного керування. У сучасних ТЗ, які випускаються передовими фірмами, всі проблеми вирішені сучасними протоколами обміну інформацією, програмним забезпеченням, а взаємодія з іншим обладнанням використанням бортового комп'ютера (чи відповідного контролера) і передачею команд керування по CAN мережі.

Виготовлення інжекторного двигуна значно простіше ніж складного двохкамерного карбюратора, економайзера, розподільника

запалювання, регулятора кута випередження, які потрібні для забезпечення роботи карбюраторного двигуна. Тому такий двигун дешевший. Він економний, оскільки мінімізує витрати пального. Тільки такі двигуни дозволяють виконати умови екологічності Євро-5 та Євро-6. Основні витрати на розробку автомобілів з такими двигунами – розробка програмного забезпечення. При масовому виробництві програмне забезпечення легко копіюється і тому ТЗ повинні стати більш дешевими. Хоча навряд чи транспортні фірми погодяться прийняти єдиний відкритий стандарт двигунів і програмного забезпечення, як це реалізовано при розробці Інтернету, а саме стандарту взаємодії відкритих телекомунікаційних систем (OSI).

В сучасних засобах міського електричного транспорту CAN мережі частково використовують для керування роботою двигуна, для роботи системи автоматизованого збору оплати за проїзд, тощо. Проте використання цих мереж у вітчизняних засобах міського електротранспорту досить обмежене.

Мета та задачі дослідження

Метою досліджень є розширення можливостей використання CAN мереж в керуванні роботою міського електричного транспорту. Задачі досліджень:

- детальний аналіз роботи CAN мережі: швидкості передачі повідомлень і об'єму даних, які передаються, відповідності цих параметрів вимогам систем курування обладнанням, надійності і безпомилковості роботи, захищеності від зовнішніх перешкод.

- аналізу завдань, які потребують вирішення і можуть бути вирішені з використанням CAN та розробка відповідних методів їх реалізації. Розробка нових схеми, принципово нових рішень, які змінять традиційну архітектуру ТЗ і дозволять забезпечити їх ефективну роботу.

Аналіз роботи CAN мережі відповідно до вимог систем керування

В CAN мережі швидкість обміну інформацією значно менша ніж у розглянутих інтерфейсах. Якщо в інтерфейсі RS-485 вона становить $V = 100$ Мбіт/с, то в CAN мережі всього 1 Мбіт/с. Крім того RS-485 передає сигнали керування безпосередньо на виконавчий орган, а CAN мережа передає дані поміщені в пакети (фрейми) розміром 134 біт (CAN 2.0A). Ці пакети підлягають розшиф-

ровці. Тобто швидкість передачі даних не перевищує 7462 фреймів/с. Фактично вона ще менша за рахунок можливої втрати часу очікування передачі фрейму та можливої повторної передачі, в разі виникнення помилки. Крім цього швидкість роботи CAN залежить від довжини мережі. Зі швидкістю 1 мбіт/с працюють тільки мережі довжиною до 40 м. Отже по швидкодії CAN суттєво поступається розглянутим інтерфейсам. Виникає питання доцільності її використання і чому саме CAN надається перевага у багатьох системах керування?

Перш за все, степінь захисту мережі CAN від перешкод більша ніж RS-485, а робота в системі з багатьма вузлами надійніша. При однаковому диференційному принципі сигнали в них формуються по різному. В RS-485 сигнал – це різниця повністю інвертованих напруг в двох проводах мережі, а в CAN це різниця нульової наруги обох проводів і напруги різної полярності цих проводів. При такому формуванні сигналу CAN мережа виявила більш захищеною від перешкод. Згідно стандарт ISO11898 CAN шина нормально працює навіть при короткочасному попаданні на неї напруги перешкод до 150 В.

По друге, в CAN мереж реалізовано ряд способів запобігання помилок. Перший – це вузол, який передає інформацію, прослуховує мережу і контролює її стан. Якщо в мережі появляється сторонній сигнал то вузол припиняє роботу і видає сигнал помилки. Другий – це наявність в кінці кожного фрейму циклічного CRC коду. Згідно цього коду перевіряється відсутність помилки у всій прийнятій інформації фрейму. В разі виявлення помилки формується відповідний сигнал і здійснюється повторна передача фрейму. Додатково сам фрейм має поле в якому здійснюється відмітка, що інший вузол прийняв інформацію. В результаті вузол, який передавав інформацію, знає що її прийняв один (або декілька) вузлів мережі. Виконаний в роботі [8] розрахунок ймовірності появи невиявленої помилки показав, що вона не перевищує $p \leq 10^{-10}$. Тобто одна помилка може повтритись лише 1 раз на 20 років неперервної роботи. Така велика надійність роботи зумовлена методом доступу до мережі (арбітражу) і забезпечується при одночасній роботі багатьох вузлів. Розглянуті вище інтерфейси, в тому числі і RS-495 при роботі в мережі з багатьма вузлами не

можуть забезпечити такої надійної і захищеної роботи.

Важливим є те, що CAN мережа забезпечує адаптивну роботу системи. Адаптивність полягає у тому, що мережа забезпечує взаємодію різних вузлів на логічному рівні. Вузли передають інформацію в бортовий комп'ютер, той її опрацює і видає повідомлення іншим вузлам. Ці вузли також опрацюють інформацію і діють відповідно своїх протоколів. Таким чином дії певного вузла обумовлені обставинами в поточний момент часу. Протоколи обміну в такій системі дозволяють реалізувати керування на

більш складному логічному рівні суттєво краще ніж електроніка з використанням операторів вибору варіантів. При такій організації роботи CAN мережа виступає як аналог нервової системи живих істот.

Наприклад розглянемо адаптивну систему переднього освітлення (АСПО) [9]. Для забезпечення якісного освітлення звивистої дороги, під час руху в нічний час, в систему переднього освітлення входять фари, виконані як електромехатронні модулі, датчики положення фар, GPS навігатор та бортовий комп'ютер (рис. 1).

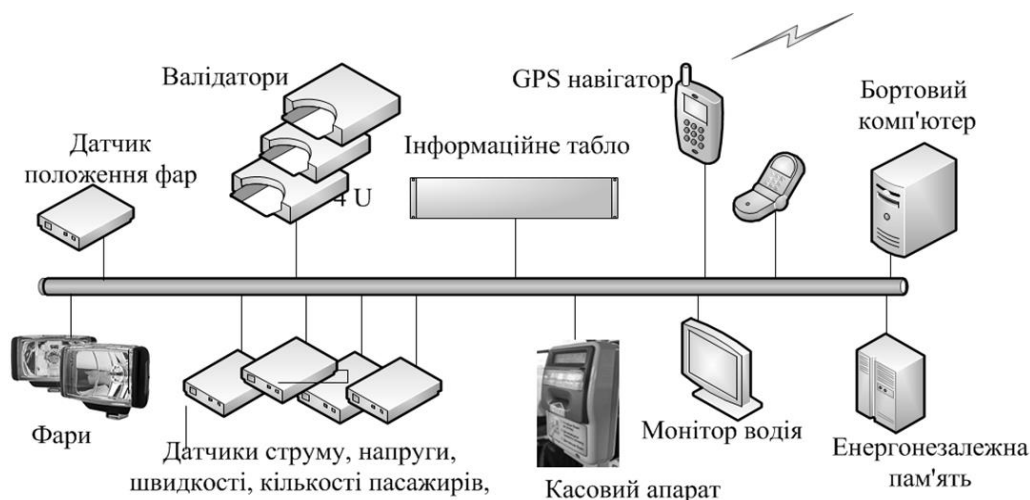


Рис. 1. Функціональна схема суміщеної системи контролю і збору оплати за проїзд та адаптивної системи переднього освітлення

Навігатор відслідковує положення автомобіля, а комп'ютер аналізує його покази згідно карти місцевості. Відповідно до результатів аналізу комп'ютер подає команди на фари і здійснює перемикання світла відповідно до радіусу повороту дороги, її ширині, швидкості руху автомобіля.

Взаємодія будь яких вузлів CAN мережі, бортового комп'ютера, датчиків, тощо забезпечується протоколами обміну інформацією. Робота CAN здійснюється на основі протоколів фізичного і канального рівнів OSI (рис. 2). На фізичному рівні забезпечується інтерфейс з середовищем, тобто робота прийомопередатчика вузла (трансивера). Він безперервно прослуховує мережу. В разі, якщо в мережі передається фрейм потрібний для його роботи, він приймає його. Чи потрібен фрейм для роботи вузла визначається за кодом записаним у першому (арбітражному) полі фрейму. В мережі CAN здійснюється ширококомовна передача фреймів – один вузол

передає – усі інші прослуховують. Роботу може розпочати будь який вузол, який має інформацію потрібну іншим вузлам. Приймає фрейм той вузол, для роботи якого цей фрейм потрібен. В першому арбітражному полі міститься код призначення фрейму. За цим же кодом здійснюється ранжирування фреймів по їх важливості.

У випадку колізій, тобто при одночасному початку передачі даних декількома вузлами, в першу чергу передається фрейм з найвищим рангом. Найбільш високий ранг має фрейм помилки. На наступному, канальному рівні OSI здійснюється обробка фреймів відповідно до протоколів цього рівня. Операції, які здійснюються на цьому рівні приведені на рис. 2.

Наступний мережевий рівень OSI в протоколі CAN відсутній. Потреби у цьому рівні немає, оскільки прийнята ширококомовна передача даних і адресація вузлів відсутня.

Канальний рівень	Логічний канал (LLC) Фільтрація пакетів, Переповнення, Відновлення.	Визначено в ISO 11898	CAN контролер		
	Доступ (MAC) Інкапсуляція даних, Кодування даних, Виявлення помилок, Перетворення сигналів в послідовну форму.				
Фізичний рівень	Обробка сигналів Кодування бітів, Бітова синхронізація, Загальна синхр.			Трансівер MCP2551	
	Підключення Трансівера,				Мережа
	Інтерфейс середовища Розйоми/проводи				

Рис. 2. Відповідність рівнів CAN мережі рівням стандартної моделі взаємодії відкритих комунікаційних систем

Слід також відмітити недоліки CAN мережі. Її протоколи розроблені для перших двох рівнів OSI. Це зумовлює недостатню захищеність об'єкту, в якому встановлена мережа, від зовнішнього несанкціонованого втручання. Мережа відносно легко може піддаватись зовнішнім атакам. Крім цього відсутність сьомого прикладного рівня – це відсутність інтерфейсу мережі з користувачем. Мережа не має засобів роботи з користувачами. Тому зараз з'являється багато протоколів прикладного рівня, серед яких найпоширенішими є CANopen і DeviceNet.

Розробка систем транспортних засобів на основі CAN мережі

Робота водія наземного міського електро-транспортного, особливо тролейбуса на маршруті, досить напружена і вимагає від нього надзвичайної уваги. Водій зобов'язаний виконувати графік руху, дотримуватись вимог правил дорожнього руху, забезпечувати безпеку пасажирів у досить складних дорожніх ситуаціях. Йому доводиться виконувати невластиві функції, такі як збір оплати за проїзд. Водій повинен бути звільнений від невластивих йому функцій, потрібна система, яка б автоматизувала цей процес.

Для реалізації системи збору оплати розроблено проект локальної CAN мережі транспортного засобу. Функціональна схема мережі представлена на рис. 1.

Локальна мережа побудована за архітектурі «Загальна шина», в даному випадку це послідовна шина, оскільки сигнали в ній передаються імпульсами постійного струму, який проходить послідовно вздовж мережі.

Джерелом струму може бути прийомо-передатчик вузла, що передає фрейм даних. В мережу входять бортовий комп'ютера, блок енергонезалежної пам'яті, GPS приймач, монітор водія, прийомо-передатчик зв'язку з диспетчерським пунктом в режимі GSM/GPRS, датчики: шляху, швидкості, датчик кількості пасажирів, датчики струму та напруги. Система автоматизує контроль кількості пасажирів і забезпечує водія транспортного засобу зв'язком з диспетчерським пунктом.

Приведена на рис. 1 система є суміщеною із адаптивною системою переднього освітлення. В темну пору доби та в умовах недостатньої видимості, під час руху звивистою дорогою на поворотах фари не освітлюють повною мірою усю дорогу і область дороги, де їде автомобіль, частково залишається неосвітленою. Для запобігання аварійних ситуацій потрібно використовувати системи, які забезпечують поворот фар, відповідно до радіусу кривизни дороги. Такі системи існують але, як правило, працюють за допомогою механічного зв'язку.

Водію під час керування рухом автомобіля доводиться переходити на ближнє світло, а рухаючись звивистою дорогою, змінювати поворот фар. Перемикання фар, зміна їх положення, корекція роботи гідростабілізатора відволікають водія від основної роботи. Водій значну увагу повинен приділяти контролю за дорогою, появою зустрічного транспорту і людей. Це вимагає від нього відповідної реакції, а будь-які перемикання призводять до втрати зосередженої уваги водія і збільшення ймовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод. Якщо ТЗ рухається під

час руху на підйом чи на спуску, то розподіл світлового потоку на полотні дороги змінюється і фари освітлюють тільки частину дороги на підйомі, або світловий промінь піднімається і не повністю освітлює дорогу на спуску. Вимоги до системи освітлення транспортних засобів в різних умовах різні і потребують диференційного підходу. Під час руху територією міста зі швидкістю до 50 км/год. та інтенсивним рухом, дальність світла невелика, а світловий промінь широкий, щоб освітлювати проїжджу частину і узбіччя дороги, пішоходів, які проходять по тротуару. У випадку руху по автомагістралі з великою швидкістю навпаки, фари повинні освітлюють дорогу далеко вперед, їх промінь вузький. Інші вимоги до освітлення під час руху польовою дорогою трасами, автобанами, рухом у разі поганої видимості, дощу, сніг, туману, а також дотримання освітлення дороги з появою зустрічного транспорту тощо.

Щоб забезпечити потрібне освітлення система керування повинна бути адаптивною, тобто режим переднього світла повинен враховувати конкретні умови руху. У 1999 році розроблено Міжнародний стандарт адаптивного освітлення (АСПО). Відповідно нього розроблено ряд алгоритмів функціонування системи АСПО. Керування роботою АСПО за допомогою CAN розглянуто в роботі [9]. Показано, що для забезпечення роботи цієї системи відповідно самого досконалого на сьогоднішній день алгоритму, а саме алгоритму попереднього огляду, [10] достатньо використовувати CAN мережу з швидкістю 500 кбіт/с. Вона забезпечує інтервал передачі $t_i = 1,2$ мс, швидкість 834 команди/с. Цього достатньо для якісного управління роботою АСПО тому що потрібно здійснювати передачу сигналів з періодом $t_i = 2$ мкс.

Враховуючи те, що система адаптивного освітлення працює під час руху ТЗ, а основне навантаження системи обліку оплати за проїзд під час зупинки прийнято рішення, що ці системи можуть бути реалізовані на одній спільній CAN мережі зі швидкістю 1 Мбіт/с

Питання енергозбереження на транспорті є одним з основних. Наземний електричний транспорт м. Харкова за рік витрачає понад 80 млн. кВт год. електроенергії. Ціна електроенергії кожен рік зростає, вже перевищує 2 грн/кВт·год. Підприємствам доводиться

значну частину коштів витратити на оплату електроенергії. Витрати електроенергії суттєво залежать від режимів руху ТЗ. Кожен водій, як показано в [11], притримується індивідуального режиму руху. Під час роботи на маршруті водій повинен обирати оптимальний, з точки зору енергозбереження, режим руху. Але на вітчизняних тролейбусах та трамваях відсутні лічильники електроенергії. Оскільки облік витрат електроенергії ТЗ не ведеться, то у водій не має критерію вибору оптимального режиму руху. Він намагається вести тролейбус в найбільш швидких режимах не турбуючись питанням енергозбереження, навіть у випадку коли графік руху дозволяє йому їхати повільніше.

Для реалізації економних режимів руху розроблена система, яка прораховує варіанти можливого продовження руху, вибирає найбільш економний і забезпечує водія потрібною інформацією. Розрахунки виконуються від точки маршруту, в якій знаходиться транспортний засіб, до наступної зупинки. Для розрахунку режимів руху з найменшими витратами електроенергії була вдосконалена теорія електричної тяги і розроблена математична модель. Вона дозволяє з достатньою точністю розрахувати режими руху ТЗ, врахувати поточні значення завантаження та швидкості і розраховувати витрати електроенергії за різних режимів руху [12]. З використанням удосконаленої теорії електричної тяги розроблена система автоматизованого вибору швидкісного режиму руху наземного електричного транспорту, на яку одержано державний патент [13].

Система автоматизованого вибору режиму руху (рис. 3) містить встановлений на кожному транспортному засобі 1 центральний процесор 2, до якого підключено блок пам'яті 3. В блок пам'яті 3 записано графік руху 3.1, плановий режим руху 3.2, цифрова карта міста 3.3 та програма розрахунку оптимального режиму руху і затрат електроенергії 3.4.

Працює система наступним чином: трекер 8 супутникової навігації (GPS, ГЛОНАСС) визначає координату та швидкість транспортного засобу. Блок вимірювання швидкості та шляху пройденого від зупинки 4 уточнює покази трекера. Ці дані поступають в комп'ютер 2, який контролює їх відповідно до графіка руху (технологічної картою руху).

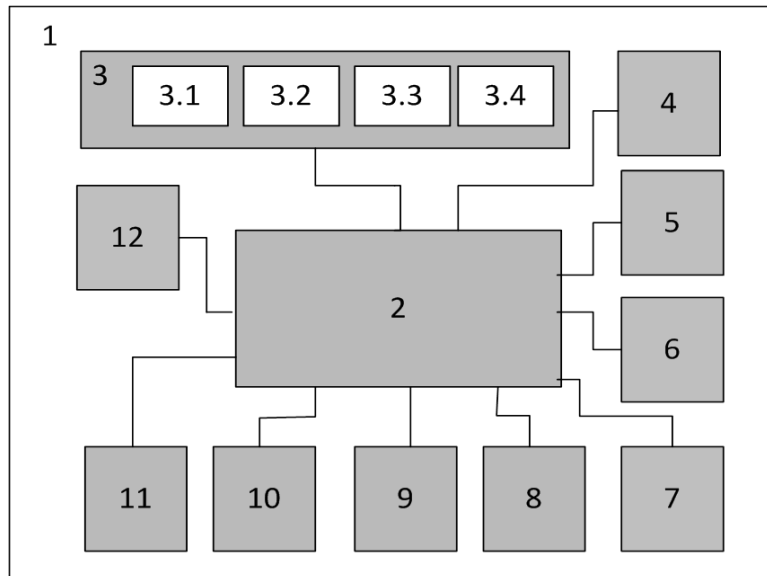


Рис. 3. Система автоматизованого вибору швидкісного режиму руху наземного електричного транспортного засобу

Система працює за вдосконаленою електронною моделлю розрахунку характеристик руху. Під час руху визначаються координати та швидкість транспортного засобу і згідно програми розраховується режим рух від поточної точки до зупиночного пункту. Комп'ютер прораховує оптимальний, з точки зору витрат електроенергії режим руху. Після обробки результатів і порівняння їх з графіком руху видаються рекомендації водію щодо вибору режиму руху з найменшими затратами електроенергії при дотриманні графіка. Водій може вибрати запропонований режим. На запропоновану систему одержано державний патент.

Висновки

1. Виконано аналіз можливостей CAN мережі забезпечити інтелектуальне управління роботою вузлів транспортних засобів. Показано, що в порівнянні з відомими інтерфейсами CAN мережа має суттєво меншу швидкість передачі інформації. Незважаючи на це переваги її полягають у захищеності від зовнішніх перешкод, надійності та безпомилковості роботи.

2. CAN мережа, в яку ввімкнутий комп'ютер чи досконалий контролер та вузли, що працюють за протоколами логічного вибору варіантів, надає можливість забезпечити адаптивне управління ТЗ, тобто керування з врахуванням поточної ситуації, яка складається під час руху.

3. Враховуючи адаптивні властивості системи з CAN і те, що вона реалізує обмін ін-

формації між всіма блоками її можна представити як нервову систему ТЗ.

4. Розроблено суміщену систему керування адаптивною системою переднього світла і систему контролю оплати за проїзд, яка реалізована на одній спільній мережі.

6. Виконана розробка системи автоматизованого вибору режимів руху ТЗ, яка дозволяє скоротити затрати електроенергії. На цю систему одержано державний патент.

Література

1. Машина часу: Тест-драйв Tesla Model X URL: <https://auto.ria.com/uk/news/test-drive/229529> (дата звернення 20.09.20).
2. Dahou H., Gouri R. El. Alareqi M. and others. Design and Implementation Intelligent Adaptive Front-lighting System of Automobile using Digital Technology on Arduino board. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2018 Vol. 8, № 1, P. 521-529. DOI: [10.11591/ijece.v8i1](https://doi.org/10.11591/ijece.v8i1).
3. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. БХВ-Петербург, 2014. 400 с.
4. Энциклопедия АСУ ТП: 2 Промышленные сети и интерфейсы: 2.3 Интерфейсы RS-485, RS-422 И RS-232. URL: https://www.bookasutp.ru/Chapter2_3.aspx (дата звернення 09.09.20)
5. Карпенко Е. Обзор. Промышленные сети. Возможности CAN протокола. URL: <http://www.cta.ru/cms/f/326789.pdf> (дата звернення 09.09.20)
6. ISO/IEC 7498-1:1994 Information technology — Open Systems Interconnection. Basic Reference Model. URL: International Standard ISO/IEC 7498-1:1994.

7. ISO 11898-1:2003(E), Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1: Data link layer and physical signaling,. URL: International Standard ISO 11898-1:2003(E).
8. Soroka K., Kharchenko V., Pliuhin V. Development of CAN network with improved parameters for adaptive car front lighting system. Східно-європейський журнал передових технологій, 2020. Том 4, № 9 (106) P. 24 – 33.
9. Soroka K. Kharchenko V., Shpyka N. Vehicle lighting equipment and control methods for an adaptive front-lighting system. Міжнародний журнал «Світлотехніка та електроенергетика», ХНУМГ, 2018, Вип. 52№ 02. С.63-67.
10. Lifu Li., Mingjun and Jinyong Z. The bending mode control method of AFS L system based on preview control, International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems, 2015. Vol. 8, № 1, P. 637-657. DOI:10.21307/ijssis-2017-776.
11. Capasso A., Lamedica F.M., Gatta and others. Individual driving style impact on traction energy consumption in railway lines: A simulation model Power Electronics, Electrical Drives. Automation and Motion. 2016 International Symposium. Anacapri, Italy, 22-24 June 2016. P. 665-670.
12. Сорока К.О., Личов Д.О. Змістовна модель та рівняння руху електричного транспорту. Вісник ДНУЗТ, 2015, № 3 (57). С.97-106.
13. Патент України № 110877 МПК В60W 50/00; В60W 50/0825. Система автоматизованого вибору швидкісного режиму руху наземного електричного транспортного засобу. Сорока К. О. Личов Д.О. Опубл. 25.10.2016.
- Model: The Basic Model. International Standard ISO/IEC 7498-1:1994
7. ISO 11898-1:2003(E), Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1: Data link layer and physical signaling,. URL: International Standard ISO 11898-1:2003(E). (accessed 20.09.20).
8. Soroka K., Kharchenko V., Plyuhin V. (2020) Development of CAN network with improved parameters for adaptive car front lighting system. Skhidno-Yevropeys'kyu zhurnal peredovykh tekhnolohiy (EEJET). 4, 9 (106). 24 – 33.
9. Soroka K. Kharchenko V., Shpyka N. (2018) Vehicle lighting equipment and control methods for an adaptive front-lighting system. Mizhnarodnyi zhurnal «Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka», KhNUMH. 52 (02). 63-67.
10. Lifu Li., Mingjun and Jinyong Z. (2015) The bending mode control method of AFS L system based on preview control, International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems. 8 (1). 637-657.
11. Capasso A., Lamedica F.M., Gatta and others. (2016) Individual driving style impact on traction energy consumption in railway lines: A simulation model Power Electronics, Electrical Drives. Automation and Motion. 2016 International Symposium. Anacapri, Italy. 665-670.
12. Soroka K.O., Lychov D.O. (2015) Zmistovna model' ta rivnyannya rukhu elektrychnoho transportu. [Meaningful model and equation of motion of electric transport]. Visnyk DNUZT. 3 (57). 97-106.
13. Soroka K. O. Lychov D.O. (2016) Patent Ukrayiny № 110877 MPK B60W 50/00; B60W 50/0825. ystema avtomatyzovanoho vyboru shvydkisnogo rezhymu rukhu nazemnoho elektrychnoho transportnoho zasobu.

References

1. Mashyna chasu: Test-drayv Tesla Model X. URL: <https://auto.ria.com/uk/news/test-drive/229529> (accessed 20.09.20).
2. Dahou H., Gouri R. El. Alareqi M. and others. Design and Implementation Intelligent Adaptive Front-lighting System of Automobile using Digital Technology on Arduino board. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2018. 8 (1). 521-529.
3. Petin V.A. (2014) Proyekty s ispol'zovaniyem kont-rollera Arduino. [Projects using an Arduino controller]. VKHV-Peterburg. [in Russian]
4. Entsiklopediya ASU TP: 2 Promyshlennyye seti i interfeysy: 2.3 Interfeysy RS-485, RS-422 I RS-232. [Encyclopedia of APCS: 2 Industrial networks and interfaces: 2.3 RS-485, RS-422 AND RS-232 interfaces]. URL: https://www.bookasutp.ru/Chapter2_3.aspx (accessed 09.09.20). [in Russian]
5. Karpenko Ye. Obzor. Promyshlennyye seti. Vozmozhnosti CAN protokola. [Overview. Industrial networks. CAN protocol capabilities]. URL: <http://www.cta.ru/cms/f/326789.pdf> (accessed 09.09.20). [in Russian]
6. ISO/IEC 7498-1:1994 Information technology — Open Systems Interconnection Basic Reference

Сорока Костянтин Олексійович¹, к.т.н., с.н.с., доц., каф. Електричного транспорту, kasoroka@ukr.net, тел. +38 097-499-2495

¹Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова. 61002, Україна, м. Харків вул. Маршала Бажанова, 17.

Разработка интеллектуальных систем транспортных средств на основании CAN сети
Аннотация: Выполнен анализ характеристик CAN сети и сравнения с известными электронными интерфейсами: RS-423, RS-422 и RS-232. Преимуществами CAN является высокая защищенность, надежность и безошибочность работы, а также обеспечение адаптивного управления с использованием обновленных протоколов обмена информацией. Разработаны проекты систем актуальных для внедрения. Проект системы адаптивного освещения (AFS), рекомендации NECE: No. 123. Система автоматизированного сбора оплаты за проезд в троллейбусе. Обе систем реализованы на одной CAN шине.

Разработан проект системы выбора оптимальных режимов движения на маршруте с экономичной электроэнергией.

Ключевые слова: CAN сеть, интеллектуальная система, автомобиль, троллейбус, адаптивное освещение, энергосбережения интерфейса.

Сорока Константин Алексеевич¹, к.т.н., с.н.с., доц., каф. электрического транспорта, kasoroka@ukr.net, тел. +38 097-499-2495

¹Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова. 61002, Украина, г. Харьков, ул. Маршала Бажанова, 17.

Development of intelligent vehicle systems based on CAN network

Abstract. *The paper analyzes the characteristics of CAN network (Controller Area Network) and compares them with the characteristics of known electronic interfaces, which are used for the development of traffic control systems. Such interfaces were considered as: RS-423, RS-422 and RS-232. It should be noted that they work much faster and transmit control signals directly to the executive bodies. It is shown that despite the lower speed, the advantages of the CAN network are high protection against external interference, reliability and error-free operation. These advantages are manifested in networks with many nodes that work simultaneously and interact with each other. The main advantage of CAN is the ability to provide adaptive management of network nodes when they exchange information, process it on on-board computers and take into account the current situation as it develops at a particular time. Using the CAN network, a system design of some systems has been developed, which are relevant for implementation on cars on urban electric vehicles. The project of adaptive lighting system developed in accordance with the recommendations of NECE is: Transport Regulation No. 123, Uniform provisions*

concerning the approval of adaptive front-lighting systems (AFS). This system implements one of the most advanced algorithms of AFS, namely the pre-inspection algorithm, which takes into account the properties of the driver's eyes to assess the traffic situation on the road. The option of implementing an automated toll collection system in a trolleybus, which includes cash registers, validators, number of passenger sensors and a passenger alert system, was also considered. It is proposed to perform an adaptive lighting system and an automated fare collection system on one CAN bus with a speed of 1 Mbit/s, as one of them works while driving on the route, and the other mainly during vehicle stops. The system of energy saving for the means of city ground passenger electric transport at the expense of a choice of optimum modes of movement is also developed. The system works on an advanced electronic model for calculating motion characteristics. It includes a computer with the appropriate software, an electronic route map, traffic schedules, and a satellite orientation system. During the movement the coordinates and speed of the vehicle are determined and according to the program the mode of movement from the current point to the stopping point is calculated. As a result of processing the results and comparing them with the schedule, the driver is recommended to choose the mode of movement with the lowest energy consumption. A state patent has been obtained for the proposed system.

Keywords: CAN network, intelligent system, car, trolleybus, adaptive lighting, energy saving, interface.

Soroka Konstantin Alekseevich¹, Ph.D. Electric transport, kasoroka@ukr.net, tel. +38 097-499-2495
¹Kharkiv National University of Municipal Economy named after OM Beketov. 61002, Ukraine, Kharkiv, street Marshala Bazhanova, 17.