

ПРИНЦИПИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ У МЕРЕЖІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРИЧНИХ АВТОМОБІЛІВ

Я. С. Парамуд, Т. Є. Рак, М. В. Торський

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних обчислювальних машин

© Парамуд Я. С., Рак Т. Є., Торський М. В., 2020

Досліджено принципи побудови, моніторингу, керування та організацію безпеки у мережі зарядних станцій електричних автомобілів. Запропоновано використання елементів сучасних клієнт-серверних технологій та елементів кіберфізичних систем у таких мережах. Розроблено базову структуру кіберфізичної системи керування мережею зарядних станцій. Розроблено та досліджено серверні та клієнтські засоби мережі. Наведено структурні та функціональні рішення серверної та клієнтської частин. Проаналізовано потенційні вразливості мережі до кібератак. Запропоновано використання у мережі ефективних засобів захисту від кібератак.

Ключові слова: моніторинг, керування, мережа, зарядна станція, сервер, кібербезпека.

Вступ

Сьогодні спостерігається масове застосування електричних акумуляторних пристроїв у різноманітних електричних транспортних засобах (ЕТЗ), зокрема електроавтомобілях, електроавтобусах. Значну увагу приділяють електромобілям та електроавтобусам, які стають екологічно кращими і економічно ефективнішими заміниками транспортних засобів із двигунами внутрішнього згорання. Вони суттєво зменшують викиди парникових та інших шкідливих газів, що є особливо важливим для великих міст, усувають залежність від видобування нафти. Акумуляторні пристрої мають обмежену електроємність і після певного часу експлуатації потребують зарядки від енергосистеми. Ефективне управління зарядом ЕТЗ стає важливим фактором для їх власників, постачальників послуг, комунальних підприємств та роботи енергосистеми. Для належного управління цим процесом необхідна інтелектуальна система управління, яка здатна оптимізувати зарядку ЕТЗ на загальнодоступних мережах зарядних станцій. Очевидно, що моніторинг та керування мережею зарядних станцій для електроавтомобілів та інших транспортних засобів доцільно здійснювати із використанням сучасних комп'ютерних засобів та технологій. Велика кількість сучасних комп'ютерних засобів та технологій дозволяє реалізувати широкий спектр рішень, що підтверджує актуальність та доцільність досліджень щодо моніторингу та керування мережею зарядних станцій для електричних автомобілів.

Стан проблеми

Багато виробників випускають оригінальні типи зарядних станцій та систем накопичення енергії (СНЕ) для електричних автомобілів з різними характеристиками [1–8]. Кожна фірма – розробник таких засобів впроваджує індивідуальні принципи, алгоритмічні та схемотехнічні рішення. Проблема виникає при об'єднанні цих зарядних станцій у загальну мережу при організації керування такою мережею, що може призвести до інформаційних обмежень, зменшення можливостей для користувачів, фінансових втрат. Принципи побудови, моніторингу, керування у мережі зарядних станцій електричних автомобілів можна досліджувати із використанням основ взаємодії людини, технічної системи та фізичного світу. Такі принципи взаємодії найбільш повно досліджуються для кіберфізичних систем [9–16]. Відповідні результати досліджень доцільно використати для побудови, моніторингу, керування мереж зарядних станцій електричних автомобілів. Також доцільно застосовувати загальні підходи до побудови мереж географічно рознесених об'єктів. Одним із таких підходів є *exidaR* [6]. Він складається з наступних чотирьох рівнів:

- об'єкт відображення (основні вимоги та випадки використання);
- логічний рівень (функціональність, моделюються абстрактні С&С моделі і діаграми діяльності);
- конкретні технічні концепції (детерміновані С&С моделі);
- реалізація (наприклад, ECU, CAN-BUS, Flexray і синхронізація).

Сильні сторони моделювання С&С на логічному рівні містять здатність описувати архітектури компонентами, що виконують обчислення та інформаційні потоки, модельовані через з'єднувачі між їх інтерфейсами. Парадигма фокусується на особливостях програмного забезпечення та їх логічній взаємодії. Завдяки ієрархічній декомпозиції компонентів великі та складні системи можуть бути розроблені зацікавленими сторонами способом поділу [15]. Інтеграція хмарних і бездротових мереж давачів також є важливою частиною системи [11, 12]. Вибрані принципи та підходи мають забезпечувати характеристики мережевої інтеграції, такі як методи контролю доступу до об'єктів та їх вплив на системну динаміку, проміжне програмне забезпечення та програмне забезпечення, що забезпечує координацію мережевого контролю над тимчасовою синхронізацією мережевих транзакцій і допуском відмов [9, 14, 16]. Моделювання та оцінювання ситуативної обізнаності людиною системи та її екологічних змін у параметрах є критичними для прийняття рішень. Важливим є врахування обставин повноти фактів про досліджуваний об'єкт, встановлення доказів того, що дизайн є дійсним. Конкретні технічні концепції та реалізація мають базуватися на принципах забезпечення необхідних прикладних вимог та завдань.

Постановка задачі

Розглянути задачу розроблення принципів моніторингу та керування мережею зарядних станцій для електричних автомобілів, що забезпечують мінімізацію часу зарядки електромобіля, можливість функціонування багатьох станцій у комп'ютеризованій мережі, адаптації до інтенсивності використання, захисту від кібератак зловмисників, збирання статистичних даних.

Результати досліджень

На основі аналізу функціональних завдань можна подати загальний процес роботи мережі зарядних станцій для електричних автомобілів такими етапами.

1. Мережа проводить постійний моніторинг компонентів (інформація про характеристики та завантаження зарядних станцій, наявність напруги в електромережі та від сонячних панелей, наявність додаткових послуг, вартість обслуговування) та постійно оновлює дані у користувацьких додатках.

2. Користувач за допомогою веб-додатка або мобільної аплікації бронює робоче місце на станції відповідно до конфігурації зарядного пристрою автомобіля.

3. Користувач, прибувши на станцію, авторизується та отримує дозвіл на підключення до конкретного зарядного пристрою та здійснює підключення.

4. Користувачу надсилається push-повідомлення на мобільний пристрій про час, що знадобиться для повної зарядки автомобіля.

5. Станційні інформаційні давачі та комп'ютерні засоби впродовж кожного етапу комунікації з користувачем надсилають відповідні дані на сервер, що дозволяє оперативне реагування мережі на нештатні ситуації.

6. Дані про весь цикл взаємодії із кожним користувачем записуються у базу даних мережі для подальшого їх аналізу та статистичного опрацювання.

7. За результатами аналізу та статистичного опрацювання даних комп'ютерні засоби можуть генерувати рекомендаційні рішення для покращення роботи мережі.

8. Для реалізації цих функціональних завдань необхідно, насамперед, виконати наступні роботи:

- розробити базову структуру мережі зарядних станцій;
- визначити перелік та кількісні показники параметрів зарядної станції для роботи у складі мережі;

- розробити моделі обслуговування можливих запитів клієнтів до мережі;

- розробити імітаційну модель зарядної станції, яка дозволить вибрати конфігурацію, що задовольняє запити клієнтів;

- на основі базової структури мережі та конфігураційних рішень станцій розробити рекомендаційні рішення щодо географічного розташування зарядних станцій та можливої зміни їх конфігурації;

- розробити та реалізувати конкретні проектні рішення.

Одним із варіантів ефективної реалізації цих етапів є використання принципів побудови та моніторингу кіберфізичних систем, які дозволяють тісну інтеграцію запитів користувачів, спеціалізованих технічних засобів, фізичних процесів, давачів інформації, виконавчих елементів, комп'ютерних та комунікаційних засобів. Серед комп'ютерних засобів слід звернути увагу на клієнт-серверну технологію. Запропоновану базову структуру мережі зарядних станцій із застосуванням засобів кіберфізичної системи подана на рис 1.

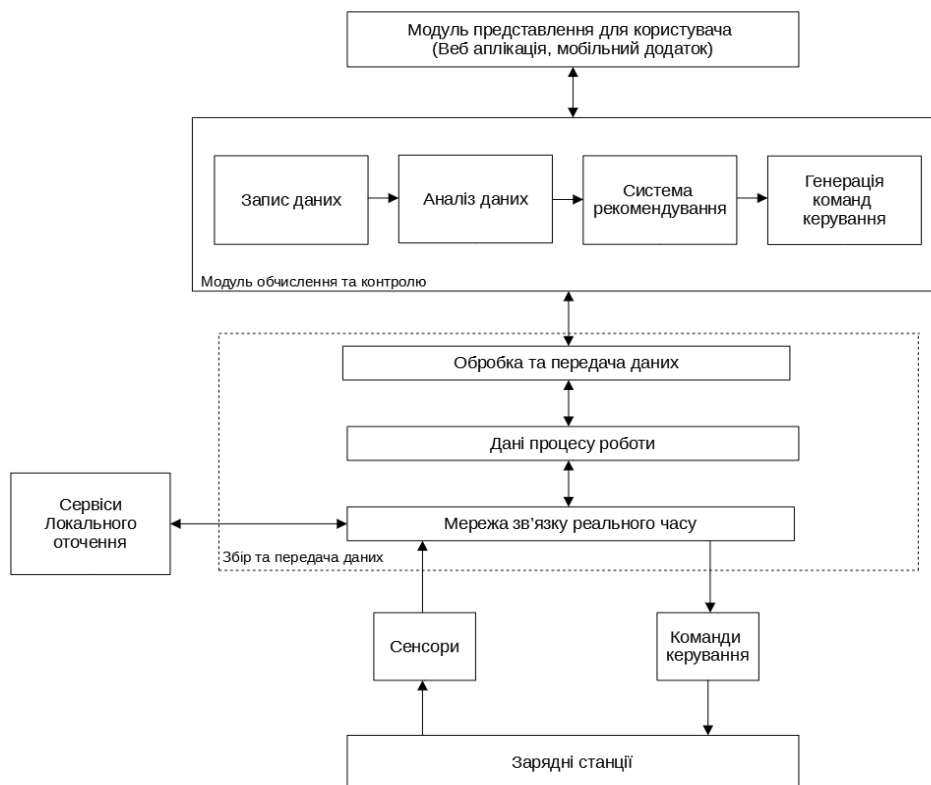


Рис. 1. Базова структура мережі зарядних станцій із застосуванням засобів кіберфізичної системи

Структуру основних функціональних зв'язків мережі зарядних станцій приведено на рис. 2. Особливості наведених функціональних зв'язків є такими:

- 1 – отримання автомобілем послуг зарядної станції;
- 2 – вибір та навігація клієнта до зарядної станції за допомогою додатка;
- 3 – отримання та передача даних зарядної станції до системи моніторингу;
- 4 – отримання інформації про наявність та постачання електроенергії від електромережі засобами зв'язку;
- 5 – отримання інформації про наявність та постачання електроенергії від накопичувача у разі відмови систем енергопостачання;
- 6 – отримання інформації про наявність та постачання електроенергії від сонячних панелей за допомогою засобів зв'язку;
- 7 – відправлення зібраних даних на опрацювання сервером;
- 8 – отримання даних з локальної мережі повинно супроводжуватись захистом від можливих атак ззовні;
- 9 – система моніторингу обробляє інформацію від усіх частин мережі, а також відсилає команди управління вузлами системи;
- 10 – система моніторингу зберігає інформацію про наявні зарядні станції, їх статус та результати роботи.

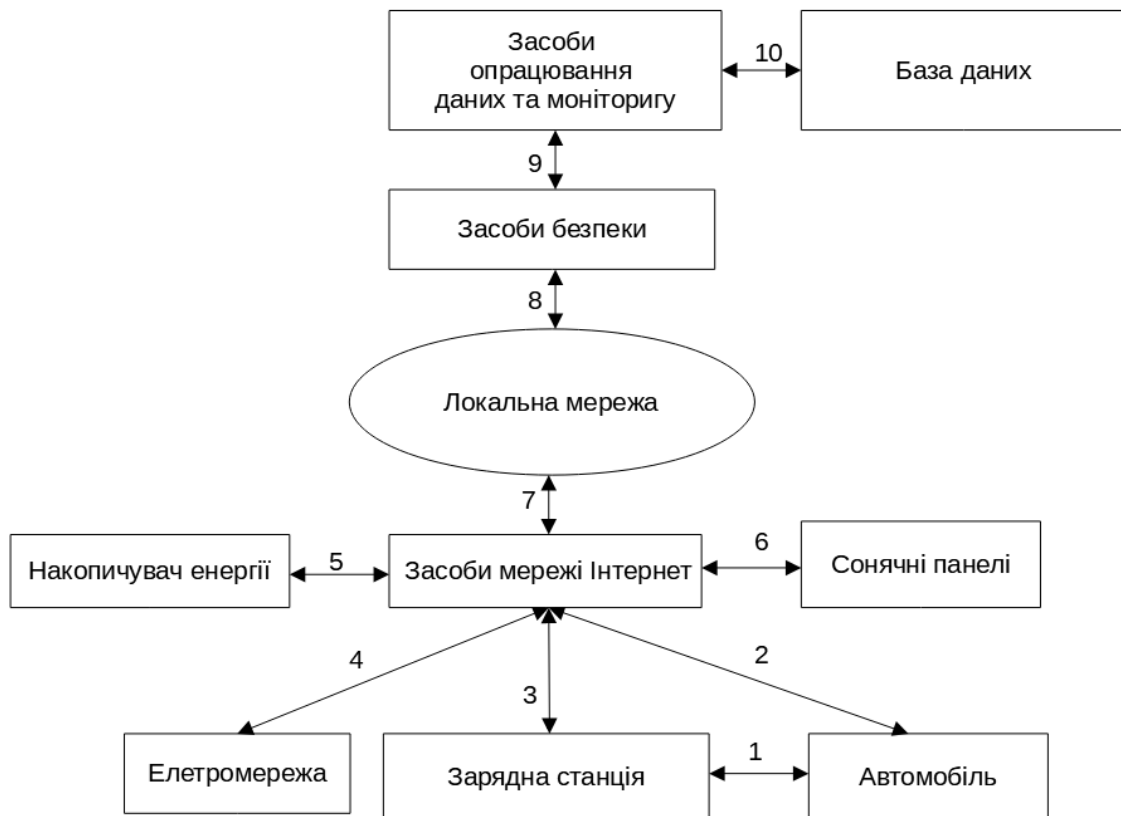


Рис. 2. Структура функціональних зв'язків мережі зарядних станцій

Необхідно забезпечити високий рівень захищеності зарядного пристрою від пошкоджень у технічних засобах та від дій зловмисників. Одним із варіантів ефективного вирішення цього завдання є використання автономних вимірювально-керувальних вузлів (АВКВ). У роботі [14] проведено аналіз структурних рішень АВКВ для Ethernet-орієнтованих кіберфізичних систем та можливість побудови на сучасних технічних засобах.

Алгоритмічно-програмні засоби організації моніторингу та керування мережею зарядних станцій для електричних автомобілів доцільно будувати за клієнт-серверною технологією, що забезпечує ефективне виконання наведених раніше функціональних завдань. Залежно від конкретних особливостей серверна частина може бути індивідуальною для однієї зарядної станції або загальною для декількох станцій із взаємодією через Інтернет. На рис 3 наведено базову структурну схему зв'язків серверної частини.



Рис. 3. Структурний рівень веб-системи

Серверна система складається з кількох серверів та вузла збереження інформації, бази даних. Роутер виконує функцію зв'язку з зарядними станціями, що дозволяє опрацьовувати платежі, передавати конфігураційні налаштування, зберігати статистичні дані впродовж повного циклу роботи зарядної станції. Зв'язок встановлюється не безпосередньо, а за допомогою додавання проміжного вузла у вигляді мережевого екрана (фаєрволу). Поштовий сервер використовується для відправлення push-повідомлень клієнту про стан процесу зарядки, а також для повідомлення техпрацівників про стан зарядної станції.

Сервер бази даних і резервний сервер бази даних забезпечують необхідну функціональну потужність та надійність збереження інформації під час роботи системи, резервна база даних копіює дані основної, не включаючись безпосередньо у роботу системи. Резервна база даних вводиться в роботу при пошкодженні – основний сервер бази даних не вийде з ладу.

Веб-сервер відповідає за представлення клієнту всіх функціональних можливостей системи, а також метод зв'язку з техпідтримкою у разі необхідності. За умови, що електромобілі заряджаються у режимі розумної зарядки, контрольовано, немає підстав сумніватись, що функціонування ринкових сил перетворить електромобілі на конкурентоспроможну транспортну технологію. З часом ринок покаже, які функції та засоби зарядки бажають та готові платити клієнти електромобілів, система пропонує власникам усіх видів зарядних станцій надавати доступ до них за допомогою системи.

Honeypot сервер використовується для привернення уваги зловмисника та стає ціллю атаки на систему, не становлячи при цьому жодної небезпеки для мережі. Для зменшення ризику можливих атак у всіх відкритих каналах зв'язку мережі використовується шифрування.

Одними із основних завдань серверної частини є контроль оплати послуг та моніторинг стану станції. При контролі оплати послуг забезпечується передача на сервер форми транзакції підтвердження оплати або підтвердження отримання послуг. При моніторингу стану виконується функція регулярного контролю за основними характеристиками зарядних станцій у режимі реального часу. За результатами моніторингу можна встановити такі стани зарядних станцій: доступні; недоступні; несправні; призупинені; зарядка; підготовка; обробка.

На рис. 4 наведено структуру клієнтської аплікації.



Рис. 4. Структура клієнтського веб-додатка системи керування

Веб-додаток складається з декількох сторінок, оперування даними відбувається через API серверної частини. Головна сторінка використовується для візуалізації доступних зарядних станцій поряд з користувачем, використовуючи функцію геолокації. Сторінка рекомендацій дозволяє переглянути найближчі доступні станції, що є сумісними з автомобілем користувача, у разі виникнення складностей надається можливість пошуку вручну. Сторінка історії операцій надає можливість перегляду всіх закінчених циклів взаємодії з системою. Сторінка збережених сценаріїв дозволяє звернутись до станцій за раніше закінченим сценарієм. Керування паролем дозволяє змінити пароль або збільшити рівень захисту додавши опцію подвійної верифікації. Сторінка новин дозволяє переглянути оголошення та список нещодавно доданих у систему станцій.

На рис. 5 наведено структурну схему зв'язків клієнтської частини:

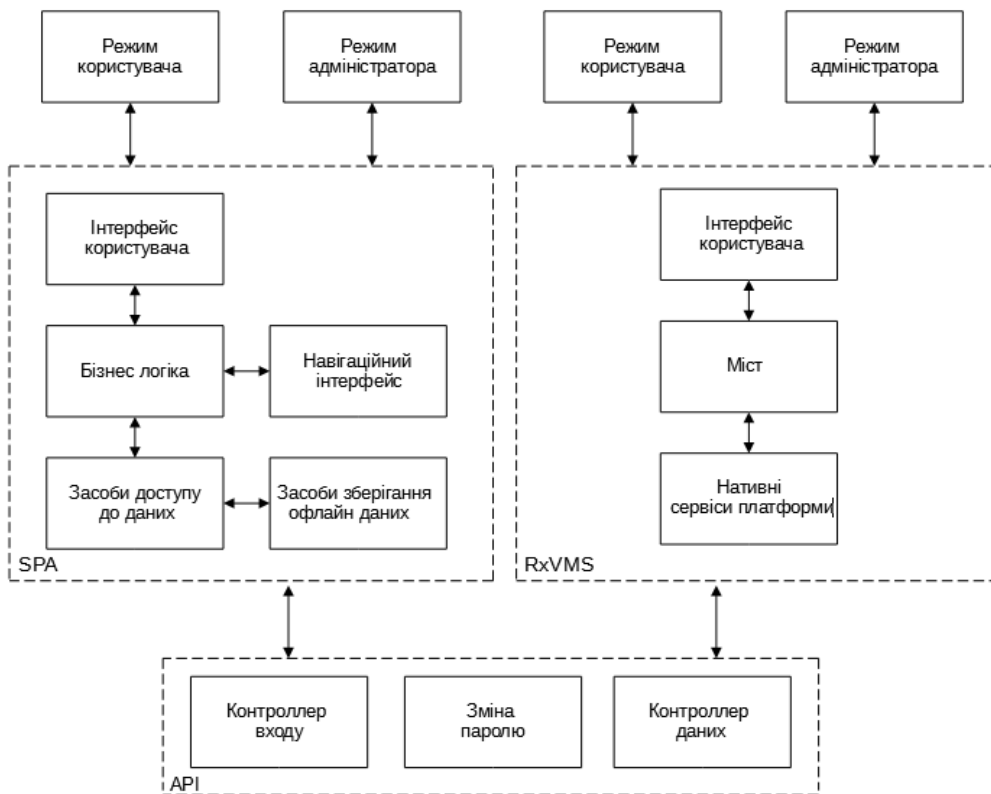


Рис. 5. Структура зв'язків клієнтської частини

Користуючись веб-додатком або мобільною аплікацією, режим користувача надає змогу переглядати контент додатка (переглянути доступні пристрої, бронювати місце на зарядній станції). Режим адміністратора надає змогу редагувати наповнення додатка: видалити неробочий пристрій, оновити оголошення в розділі новин, заблокувати, за необхідності, користувача.

Зв'язок між системою керування та зарядними станціями доцільно здійснювати за допомогою протоколу OCPP, що дозволяє цим складовим взаємодіяти між собою, утворюючи відкриту платформу. Протокол надає такі можливості:

- авторизація користувача для початку стягнення плати, включаючи локальний список авторизації;
- віддалена зміна конфігурації зарядного пристрою, стан зарядних станцій;
- передача даних сеансу зарядки в режимі реального часу до центральної системи управління;
- віддалене управління сеансом зарядки (початок / кінець);
- виконання режиму розумної зарядки;
- дає змогу підключення довільної зарядної станції до довільної центральної системи управління;
- можливість оптимально планувати зарядку електромобілів, щоб максимізувати використання санкціонованої електричної енергії від мережі.

Розумна зарядка максимізує кількість електромобілів, з яких можна стягувати плату одночасно, забезпечуючи контрактний попит. Це допомагає підвищити ефективність функціонування мережі.

Наявність багатьох сенсорних, комунікаційних та обчислювальних компонентів підвищують потенційну вразливість зарядних станцій до атак зловмисників. Ці вразливості потенційно можуть бути використані хакерами, щоб порушити доступність, цілісність та конфіденційність мережі зарядних станцій або навіть електромережі. З огляду на такі обставини важливо розробити надійні зарядні станції. Проектування надійних зарядних станцій вимагає глибокого розуміння кіберфізичної взаємодії зарядної станції, а також того, як кібер- та фізичні компоненти впливають один на одного. У роботі [13] проаналізовано ефективність та надійність найвідоміших блокових шифрів та запропоновано метод шифрування інформації із статичним включенням маскувальних символів, що дозволяє підвищити рівень захищеності даних при їх передачі. Результати цих досліджень доцільно використати при побудові мережі зарядних станцій.

Зарядні станції стикаються із загрозами безпеки своїх компонент внутрішнього зв'язку, включаючи радіостанції, придорожню інфраструктуру та інші транспортні засоби.

У деяких автомобілях оновлення засобів протидії кібератакам відбувається вручну за допомогою USB-накопичувача. Можливі бездротові методи, що мають перевагу над ручним виправленням через економічну ефективність та швидку доставку. З іншого боку, ця бездротова передача даних відкриває широку поверхню атаки [8, 10]. До найбільш поширених мережевих кібератак, стосовно яких потрібно вживати першочергових засобів, потрібно віднести наступні:

- встановлення через хмарні засоби шкідливого програмне забезпечення;
- перехоплення та пошкодження трафіка, блокування приймача;
- компрометування облікових даних користувача та станції.

Використання розглянутих принципів та засобів забезпечує досягнення високих показників ефективності процесів моніторингу та керування у мережах зарядних станцій автомобілів.

Висновки

У роботі встановлено, що основна проблема виникає при об'єднанні зарядних станцій для електричних автомобілів у загальну мережу. Розглянуто принципи структурної та функціональної організації мережі зарядних станцій електричних автомобілів. Розроблено принципи побудови, моніторингу та керування мережею зарядних станцій для електричних автомобілів, що базуються

на використанні базових принципів побудови кіберфізичних систем та клієнт-серверних технологій. Це забезпечує мінімізацію часу зарядки електромобіля, можливість функціонування багатьох станцій у комп'ютеризованій мережі, інтенсивне використання засобів зарядки, захист від кібератак зловмисників, збирання статистичних даних. Подальші дослідження доцільно скерувати на вітчизняну стандартизацію принципів побудови, моніторингу та керування мережею зарядних станцій для електричних автомобілів.

Список літератури

1. *Facilitating e-mobility: EURELECTRIC views on charging infrastructure. EURELECTRIC Position Paper, March, 2012.*
2. *Falvo M. C., Martirano L., Sbordone D., and Bocci E. Technologies for Smart Grids: a brief review. Proc. IEEE EEEIC 2013, 12th Int. Conf. on Environment and Electrical Engineering.*
3. *Falvo M. C., Carmen Maria, et al. EV charging stations and modes: International standards. Power Electronics, Electrical Drives, Automation, and Motion (SPEEDAM), 2014 International Symposium on. IEEE, 2014.*
4. *Checkoway, Stephen, et al. Comprehensive experimental analyses of automotive attack surfaces. USENIX Security Symposium. 2011.*
5. *Kocher Paul, et al. Security as a new dimension in embedded system design. Proceedings of the 41st annual Design Automation Conference. ACM, 2004.*
6. *Samrat Acharya, Yury Dvorkin, Ramesh Karri. Public Plug-in Electric Vehicles + Grid Data: Is a New Cyberattack Vector Viable" 27 Feb, 2020.*
7. *Veneri O., Ferraro L., Capasso C., Iannuzzi D. Charging Infrastructures for EV: Overview of Technologies and Issues, 2012 IEEE ESARS, Electrical Systems for Aircraft, Railway and Ship Propulsion Conference, Oct. 2012.*
8. *Yuan Y., Li Z., and Ren K. Modeling load redistribution attacks in power systems. IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 2, no. 2, 2011. pp. 382–390.*
9. *Amal Ahmed Anda and Daniel Amyot. Arithmetic Semantics of Feature and Goal Models for Adaptive Cyber-Physical Systems. Sep, 2019.*
10. *Cyber-physical systems: data collection technologies / A. Botchkaryov, V. Golembo, Y. Paramud, V. Yatsyuk, ed. A. Melnyk, Lviv, «Magnolia 2006», 2019. 176 p. (in Ukrainian)*
11. *Features of classification and application of telecommunication interfaces in cyberphysical systems. Miyushkovich E.G. Paramud Y.S. Transactions on Computer systems and networks, Lviv Polytechnic National University Press, 2015, No. 830. PP. 106–115 (in Ukrainian).*
12. *Grebeniak A., Miyushkovych E., Paramud Y. Digital interfaces in cyber-physical systems// Advances in Cyber-Physical Systems. – Volume II, Number 1, 2017. pp. 6–10.*
13. *Ihnatovych A., Paramud Y. Metody shyfruvannya informatsii iz vykorystannyam maskuyuchykh symboliv. Transactions on Computer sceins and information tehnologi, Lviv Polytechnic National University Press, 2015, No. 826. pp. 21–27 (in Ukrainian)*
14. *Melnyk A. O. Multilevel basic cyber-physical system platform : Cyber-physical systems: achievements and challenges. First scientific seminar materials (June 25-26, 2015, Lviv). 2015. pp. 5–15.*
15. *Raju Gottumukkala, Rizwan Merchant, Adam Tauzin, Kaleb Leon, Andrew Roche, Paul Darby. Cyber-physical System Security of Vehicle Charging Stations. April, 2019.*
16. *Salo A. Simulation of automatic water purification machine for vending cyber physical systems. Technology audit and production reserves. No. 2/2 (40), 2018. pp. 16–21.*

**PRINCIPLES OF MONITORING AND CONTROL
OF THE CHARGING STATIONS NETWORK FOR ELECTRIC VEHICLES**

Y. Paramud, T. Rak, M. Torskyi

Lviv Polytechnic National University,
Computer Engineering Department

© *Paramud Y., Rak T., Torskyi M., 2020*

This paper explores the principles of construction, monitoring, management, and safety organization in the network of charging stations for electric vehicles. The use of elements of modern client-server technologies and elements of cyber-physical systems in such networks is offered. The basic structure of the cyber-physical control system of the charging station network has been developed. Network server and client tools have been researched and developed. Structural and functional server solutions and client parts are submitted. An analysis of the potential cyberattacks vulnerability of the network. Suggestetion to use effective methods of protection against cyberattacks.

Keywords: monitoring, control, network, charging station, server, cybersecurity.