

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ТА ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ

БЕНЕДИГА ЮРІЙ ЗІНОВІЙОВИЧ

УДК 621.31; 621.33

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
УСТАНОВОК НА БАЗІ ПОНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ
ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

8.05070108 – Енергетичний менеджмент

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи магістра на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2017

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Коваль Вадим Петрович,
доцент кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Рецензент доктор технічних наук, професор
Андрійчук Володимир Андрійович
професор кафедри світлотехніки та електротехніки
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "___" _____ 2017 р. о _____ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 8.05070108 – енергетичний менеджмент при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

*Секретар
екзаменаційної комісії № 41*

Хомишин В.Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

З кожним роком кількість автотранспортних засобів, як в світі в цілому, так і в Україні зокрема, поступово збільшується. Наслідком цього є зростання споживання бензину і забруднення атмосфери вихлопними газами автомобілів. У зв'язку з цим дуже гостро ставиться питання про розробку комплексу заходів по економії рідкого палива і зменшення вмісту токсичних речовин в атмосфері. На сьогоднішній день рішення цих проблем йде по декількох напрямках, одним з яких є розробка практично нетоксичних електричних транспортних засобів, їх популяризація, інтеграція в повсякденне життя і поступовий перехід на них з звичайних автомобілів. Однак при цьому виникає інша проблема, пов'язана з експлуатацією таких автомобілів, а саме - для того, щоб користуватися електричними транспортними засобами було комфортно, необхідна відповідна зарядна інфраструктура, яка обов'язково повинна включати в себе мережі зарядних станцій і / або станцій заміни акумуляторних батарей (АКБ).

Сьогодні в світі розвиток інфраструктури станцій підзарядки, що працюють від електричної мережі, ведеться досить великими темпами. Зі згаданих вище двох типів станцій найбільшого поширення набули звичайні зарядні станції, кількість яких вже перевищує 50 тисяч. Що ж стосується станцій заміни АКБ, то їх зараз всього кілька, проте через деякий час ця ситуація повинна змінитися. Крім цього порівняно недавно в багатьох країнах світу почали з'являтися зарядні станції, що працюють від поновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а саме - від енергії сонця і вітру. Загальна кількість таких станцій в світі вже налічує кілька сотень штук.

В Україні з недавнього часу також почалося будівництво такої інфраструктури, але поки все з встановлених зарядних станцій є мережевими. Україна має великий потенціал відновлюваних джерел енергії, причому, внаслідок її географічного положення, розмірів, різноманітності клімату і особливостей місцевості, види ВДЕ істотно варіюються. У зв'язку з цим цілком логічним є використання відновлюваних джерел для енергопостачання електростанцій, які ще будуть будуватися на території країни.

Актуальність теми роботи

Енергопостачання станцій підзарядки електротранспорту від ВДЕ в даний час вельми актуально, в першу чергу при обліку екологічних факторів. Так, при зарядці на мережевих станціях, яких зараз більшість, ефект від зниження рівня викидів за рахунок заміщення автомобілів електромобілями частково компенсує зростанням викидів теплових електростанцій (ТЕС), що забезпечують зростання потужності цього нового типу споживачів. Таким чином виходить, що електричні транспортні засоби сприяють поліпшенню екологічної обстановки тільки в тих районах, де вони використовуються, тоді як в районах, де розташовані ТЕС, навпаки, спостерігається зростання забруднення атмосфери. Станції, що працюють від генеруючих установок на основі ВДЕ, такого недоліку практично позбавлені, так як в цьому випадку електроенергія, необхідна для їх роботи, виробляється з використанням місцевих екологічно чистих енергоресурсів (енергії сонця, вітру та ін.). Крім

цього енергетичні комплекси, що включають в себе установки на основі ВДЕ, зарядні станції і / або станції заміни АКБ дозволяють ефективно заощаджувати викопне паливо за рахунок заміщення електроенергії, що виробляється на ТЕС електроенергії для зарядки електротранспорту.

Крім екологічної та паливної складових використання енергокомплексів на основі ВДЕ і станцій підзарядки дозволяє також підвищити енергобезпеку і енергонезалежність енергорайону країни. З точки зору енергетичної безпеки будівництво таких комплексів привнесе в енергобаланс цих районів і регіонів ще один або кілька нових об'єктів генерації електроенергії на основі ВДЕ. У разі виходу з ладу традиційних об'єктів генерації (електростанцій, дизельних електроустановок та ін.) або об'єктів передачі і розподілу електроенергії, комплекси на основі ВДЕ зможуть постачати електроенергію не тільки станції підзарядки електромобілів, а й інші об'єкти. У свою чергу для районів, віддалених від ліній електропередачі (ЛЕП) комплекси на основі ВДЕ дозволять знизити залежність від поставок викопних видів палива.

Слід зазначити, що в світі даній темі присвячено значну кількість досліджень. Більш того, як вже було згадано, за кордоном вже діє значна кількість зарядних станцій на основі ВДЕ. В Україні таких зарядних станцій поки немає. Отже, проведення досліджень ефективності використання ВДЕ для енергопостачання станцій підзарядки електротранспорту на території України, а також створення методики проектування відповідних комплексів в частині обґрунтування їх структури і *параметрів є актуальним.*

Мета роботи – дослідження ефективності використання спеціалізованих гібридних енергетичних комплексів (ГЕК) на основі відновлюваних джерел енергії для живлення зарядних станцій або станцій заміни акумуляторних батарей засобів електричного транспорту.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні **задачі**:

- проаналізувати принципи роботи зарядних станцій і станцій заміни АКБ засобів електричного транспорту та існуючі методики їх математичного моделювання;

- розробити математичну модель ГЕК, що включає в себе генеруючі електроустановки на основі сонячної і вітрової енергії, що працюють паралельно з електричною мережею і на автономного електроспоживача, і зарядні станції або станції заміни АКБ засобів електричного транспорту;

- розробити рекомендації щодо визначення оптимальної структури типових енергетичних комплексів на основі станцій підзарядки і ВДЕ.

Об'єкт дослідження: процеси перетворення та накопичення електроенергії у гібридних енергетичних комплексах.

Предмет дослідження: гібридні енергетичні комплекси на основі відновлюваних джерел енергії.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувались на основі:

- а) теоретико-експериментальних досліджень перехідних процесів накопичення електричної енергії у акумуляторах; б) системного та статистичного аналізу в середовищі Microsoft Office Excel.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Розроблено моделі зарядних станцій і станцій заміни АКБ засобів електричного транспорту, що імітують роботу цих станцій в різних умовах експлуатації;

2. Розроблено математичну модель ГЕК, що включає в себе генеруючі електроустановки на основі сонячної і вітрової енергії, типові акумулятори або акумуляторні батареї електромобілів для накопичення надлишкової електроенергії та зарядні станції або станції заміни АКБ засобів електричного транспорту з резервуванням енергопостачання від електричної мережі або дизельних електроустановок (ДЕУ);

Практичне значення одержаних результатів.

1. Розроблена методика та рекомендації для визначення параметрів ГЕК можуть бути використані на ранніх стадіях проектування, а також для оцінки розміщення ГЕК зі станціями підзарядки засобів електричного транспорту в різних регіонах України.

2. Результати дослідження можуть використовуватися в навчальному процесі з дисциплін, що читаються на кафедрі енергозбереження та енергетичного менеджменту, а саме: «ВДЕ» та «Енергозбереження».

Апробація результатів роботи.

Результати роботи були апробовані на ІХ Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції ТНТУ імені Івана Пулюя “Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання” [1].

Структура і обсяг роботи.

Дипломна робота магістра складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи 154 сторінки, 7 таблиць і 57 рисунків; список літератури з 73 найменувань на 6 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, апробацію та впровадження результатів роботи.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і висвітлює основні тенденції у світі щодо тематики дипломної роботи. Висвітлено результати аналізу сучасного стану та перспектив використання електромобілів і гібридних автомобілів. Представлено огляд існуючої зарядної інфраструктури у світі, а саме зарядних станцій та станцій заміни акумуляторних батарей. Виконано аналітичний огляд досліджень і наукових робіт в області зарядної інфраструктури для електротранспорту, на основі чого виявлено основні недоліки існуючих розробок та перспективні напрямки роботи.

У **другому розділі «Основна частина»** наведено основні результати дипломної роботи.

Для досягнення поставленої мети, в даній роботі розроблено ряд моделей,

а саме структурно-функціональну модель комплексу, що включає в себе всі можливі елементи ГЕК, а також перелік задач, які повинні бути вирішені для задоволення головної мети проекту; ресурсну модель, яка представляє собою динамічну модель надходження енергоресурсів; технічну модель - конкретні технічні рішення, дозволяють реалізувати функцію, певну в структурно функціональній моделі. Надалі з використанням цих моделей запропонована загальна модель гібридного енергетичного комплексу, а на її основі - програма, що дозволяє виконувати автоматизовані розрахунки.

У структурно-функціональній схемі (рис.1) основними генеруючими елементами ГЕК є установки, що працюють від ВДЕ. Так як використання таких установок ускладнено відсутністю у них можливості забезпечення гарантованого енергопостачання, то для подолання цієї проблеми в схемі присутні акумулятори енергії, а саме типові акумуляторні батареї для зарядних станцій і акумуляторні батареї електромобілів для станцій заміни АКБ. Крім цього надійність електропостачання також забезпечується за рахунок наявності резервних джерел живлення: електричної мережі і окремих дизельних електроустановок.

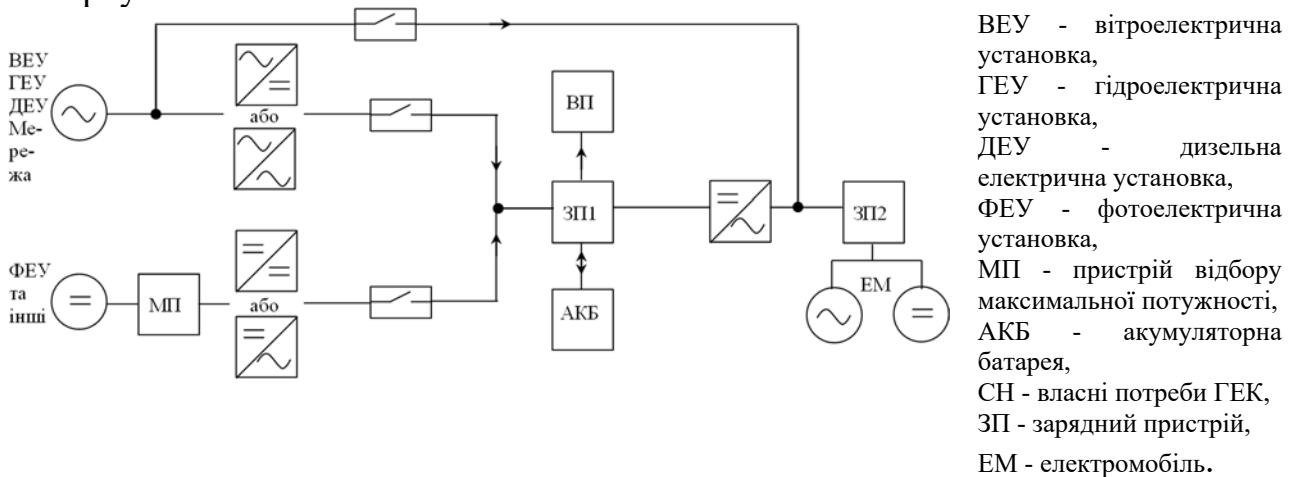


Рис. 1. Структурно-функціональна схема ГЕК

Ресурсна модель являє собою математичну модель джерел первинної енергії, що мають в точці передбачуваного розміщення гібридного енергокомплексу значення, відмінні від нуля. В рамках даної роботи найбільший інтерес представляють енергії вітру і сонця, тому в подальшому розглядаються тільки ці два типи поновлюваних джерел енергії.

Технічна модель являє собою опис технічних рішень, що дозволяють реалізувати певні функції. В нашому випадку технічна модель містить основні залежності, які відображають зв'язок вихідної потужності з потужністю вхідного (ресурсного) потоку, а також враховує різні технічні рішення по побудови окремих установок, які входять до складу ГЕК. У роботі використано:

- технічну модель сонячної фотоелектричної установки;
- технічну модель вітроелектричної установки;
- технічну модель дизельної електроустановки ;
- технічну модель споживачів енергії;

- технічні моделі зарядних станцій;
- технічні моделі станцій заміни акумуляторних батарей;

У загальному вигляді процес розрахунку режимів роботи гібридних енергетичних комплексів і їх економічних показників представлено блок-схемою, що зображена на рис. 2

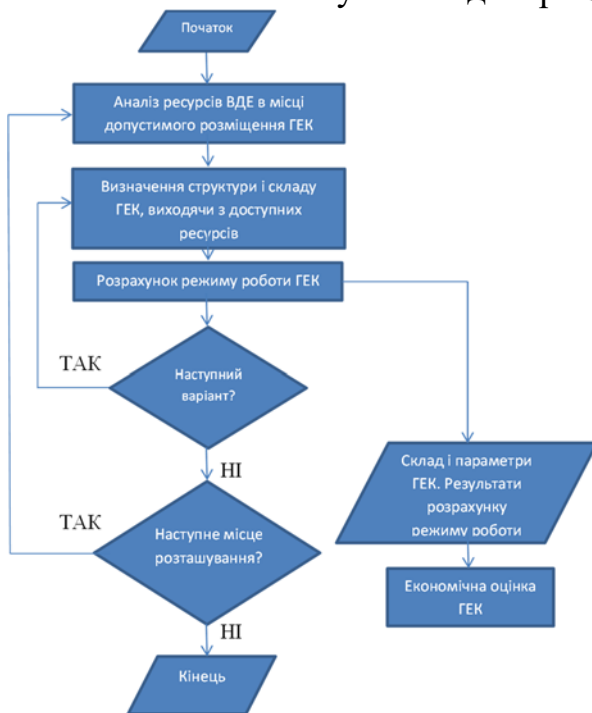


Рис. 2. Алгоритм вибору структури і параметрів ГЕК

вигляді представлений на рис.3.

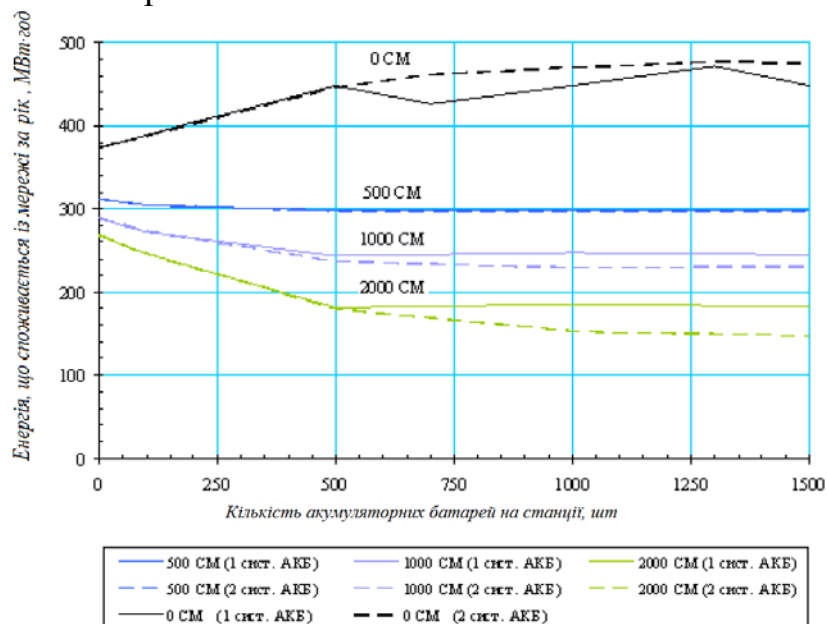


Рис. 3. ГЕК з нічною зарядною станцією. Залежність енергії, споживаної з мережі за рік, від кількості сонячних модулів і АКБ. Середньорічне поступлення сонячної енергії 125 Вт/м^2

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлено опис власного та ліцензійного програмного забезпечення, яке використано для проведення

Відповідно до наведеного на рис.2 алгоритму роботи був зроблений розрахунок режимів роботи декількох ГЕК з різним складом обладнання. Отримані результати дозволили:

- оцінити вплив складу устаткування комплексу на енергоспоживання з мережі або вироблення дизельних електростанцій (ДЕС);

- визначити оптимальне з точки зору мінімуму мережевого енергоспоживання або економії дизельного палива кількість обладнання різного типу.

Приклад результатів розрахунку режимів роботи ГЕК в графічному

розрахунків та представлення їх результатів.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» процедура техніко-економічного обґрунтування гібридного енергетичного комплексу заснована на послідовному звуженні безлічі варіантів вибору структури і параметрів ГЕК з отриманням в результаті одного або декількох альтернативних варіантів складу енергокомплексу, причому в різних варіантах структури параметри елементів енергокомплексу можуть бути різними. Оцінка ефективності гібридного енергетичного комплексу зведена до визначення чистого дисконтованого доходу.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано заходи безпеки при монтажі електроустановок ГЕК, заходи медичної допомоги при ураженні електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 В та наведено планування заходів цивільного захисту на підприємстві електротехнічної галузі у випадку надзвичайних ситуацій.

У шостому розділі «Екологія» наведено аналіз впливу традиційної та нетрадиційної енергетики на навколишнє середовище.

ВИСНОВКИ

В рамках даної роботи були вирішені всі поставлені задачі, що в підсумку дозволило зробити наступні висновки по використанню гібридних енергетичних комплексів на основі відновлюваних джерел енергії для енергопостачання зарядних станцій і станцій заміни акумуляторних батарей засобів електричного транспорту:

1. На основі аналізу принципів роботи сучасних станцій підзарядки розроблені моделі зарядних станцій і станцій заміни АКБ засобів електричного транспорту, що імітують роботу цих станцій в різних умовах експлуатації. Розроблені моделі станцій включено в математичну модель ГЕК;

2. Дослідження впливу складу і параметрів ГЕК на режими його роботи показало, що:

- для енергопостачання споживачів електроенергії вигідніше використовувати малу кількість електроустановок з великою встановленою потужністю, ніж велика кількість установок з маленькою встановленою потужністю;

- у складі ГЕК, що мають підключення до електричної мережі, найбільш ефективно з точки зору зниження мережевого енергоспоживання використовувати станції підзарядки, пік енергоспоживання яких припадає на вечірній-нічний час доби;

- для ГЕК з підключенням до електричної мережі, що включають станцію підзарядки і працюють від ВДЕ або тільки від мережі, найбільше зниження мережевого енергоспоживання (для ГЕК, що працюють тільки від мережі - вдень) спостерігається при кількості АКБ, що змінюються від 0 до 500 шт. для зарядної станції і від мінімально допустимої кількості до 50 АКБ для станції заміни АКБ;

- для автономних ГЕК, що включають станцію заміни АКБ і працюють від СФЕС і ДЕС або тільки від ДЕС, кількість АКБ на станції повинна бути мінімальною;

- для автономних ГЕК, що включають станцію заміни АКБ і працюють від ВЕС і ДЕС, оптимальна кількість АКБ може змінюватися в діапазоні від мінімально допустимої кількості до 50 АКБ;

3. Розроблена методика обґрунтування складу і параметрів ГЕК реалізована у вигляді програм, написаних в програмному середовищі Microsoft Office Excel. Програми мають модульну структуру і включають в себе математичні моделі елементів ГЕК, що дозволяє змінювати, модернізувати і при відсутності необхідності не використовувати окремі елементи ГЕК;

4. Для районів, віддалених від ЛЕП, автономні ГЕК, що працюють від ВЕС і включають станцію заміни АКБ, можуть бути більш ефективні, ніж ГЕК, що працюють тільки від ДЕС, вже при середньорічній швидкості від 3-4,5 м / с;

5. Запропоновано алгоритм розрахунку щодо визначення оптимальної структури типових ГЕК на основі станцій підзарядки і ВДЕ, що дозволяють представникам малих і середніх підприємств оцінювати ефективність використання ГЕК в різних регіонах країни. Визначення місць розміщення ГЕК по території України здійснюється за допомогою геоінформаційних систем при завданні для кожної території значень валового потенціалу ВДЕ.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Бенедига Ю. Енергетичні установки на базі відновлювальних джерел енергії для зарядки електротранспорту / Бенедига Ю. // Матеріали ІХ Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 20-21 квітня 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — Том 1. — С. 179. — (Секція: Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

АНОТАЦІЯ

Бенедига Ю.З. Енергоефективність використання енергетичних установок на базі поновлювальних джерел енергії для зарядки електротранспорту. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05070108 – енергетичний менеджмент. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

Дипломна робота присвячена дослідженню ефективності використання спеціалізованих гібридних енергетичних комплексів на основі відновлюваних джерел енергії для зарядки електроавтомобілів. Розроблено ряд моделей, а саме структурно-функціональну модель комплексу, що включає в себе всі можливі елементи ГЕК, а також перелік задач, які повинні бути вирішені для задоволення головної мети проекту; ресурсну модель, яка представляє собою динамічну модель надходження енергоресурсів; технічну модель - конкретні технічні рішення, дозволяють реалізувати функцію, певну в структурно функціональній моделі. Запропонована загальна модель гібридного

енергетичного комплексу, а на її основі - програма, що дозволяє виконувати автоматизовані розрахунки. На основі проведених розрахунків зроблено висновки щодо комплектації та режимів роботи гібридних енергетичних комплексів

Ключові слова: гібридні енергетичні комплекси, відновлювані джерела енергії, зарядні станції, станції заміни акумуляторних батарей.

ANNOTATION

Beneduga Yu.Z. Energy efficiency of power plants based on renewable energy for charging electric cars. - Manuscript.

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 8.05070108 – energy conservation and energy management. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2017.

Diploma paper is devoted to research efficient use of specialized hybrid energy systems based on renewable energy to charge electric cars. A number of models are developed. There are structural-functional model of the complex, which includes all the possible elements of hybrid power systems, and a list of tasks that must be addressed to meet the main goal of the project; resource model, a dynamic model of the flow of energy resources; technical model - specific technical solutions can realize a function in a structurally functional model. The general model of hybrid energy system and on its basis - a program that allows you to perform automatic calculations is proposed. Based on the calculations is made conclusions about the configuration and modes of hybrid power systems.

Key words: hybrid energy systems, renewable energy, charging stations, replace batteries stations.