

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Шеркунов Михайло Романович

УДК 621.3

**Підвищення енергоефективності автономних і мережевих
енергетичних систем на базі відновлювальних джерел
енергії в приватних домогосподарствах**

141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи магістра на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

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
Зінь Мирослав Михайлович,
доцент кафедри електричної
інженерії
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат технічних наук, доцент
Романюк Леонід Антонович
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "26" грудня 2018 р. о 17 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка 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 № 38

Коцюрко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження.

Найголовнішим джерелом енергії є Сонце (30 % сонячної енергії, яка досягаючи Землі, відбивається назад у космос, 47 % витрачається на нагрівання земної поверхні, 22 % – на кругообіг води у природі, 0,1 % – на утворення вітру, хвиль, океанічних течій і лише 0,03 % поглинається під час фотосинтезу). Завдяки фотосинтезу ми маємо головні форми енергії – горючі копалини і біомасу. Щорічно земна поверхня одержує від сонця енергію в кількості $3 \cdot 10^{24}$ Дж. Якщо співставити цю величину з оцінками енергії, що міститься у розвіданих запасах природного газу, вугілля, нафти, урану, то стане зрозуміло, що за один тиждень Земля одержує від Сонця таку кількість енергії, яка більше ніж удвічі перевищує усі відомі запаси енергії на Землі.

Усі джерела енергії можна поділити на відновлювальні і не відновлювальні. Відновлювальні джерела енергії характеризуються природним поповненням за порівняно короткі проміжки часу. Завдяки цьому вони мають постійну потужність.

Не відновлювальні джерела енергії характеризуються неможливістю їхнього поповнення після використання.

На основі результатів аналізу публікацій визначено тенденції, які будуть притаманні енергетиці в майбутньому:

- переваги будуть надаватися високоякісним видам палива та ефективному використанню розгалуженої інфраструктури (нафто- та газопроводи, потужні та локальні енергосистеми);
- інфраструктура залишатиметься основою енергетичної системи, а потреби в її розширенні будуть зростати;
- переваги в технологічному плані будуть надані комплексам, оснащеним механізмами гнучкого розвитку;
- зросте роль децентралізованих технологій отримання енергії місцевого значення, особливо в урбанізованих регіонах з розвитком сільського господарства;
- виробництво синтетичних палив і газу з біомаси в перспективі стане найважливішим на ринку нових технологій;
- найменш ризикованою стратегією буде звернення до "родових технологій": газові турбіни, паливні елементи (паливні та фотобатареї), які з часом стануть не менш важливими, ніж дизельні двигуни та електромотори.

В разі виконання прийнятої в Україні Енергетичної Стратегії, частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) буде складати 18,33 млн. т. у. п. (6 % від загального споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) у 2030 р. Для порівняння, країни ЄС у цілому досягли приблизно 12 % внеску ВДЕ вже до 2010 р.

Частка ВДЕ в деяких країнах світу, досягнута ще в 2001 р., складала: Норвегія – 45 %, Швеція – 29,1 %, Нова Зеландія – 25,8 %, Фінляндія – 23 %, Австрія – 21,5 %, Канада – 15,6 %, Данія – 10,4 %. Практично всі країни світу

ставлять за мету значний ріст використання ВДЕ на найближчі десятиліття. Наведені дані дозволяють вважати, що Енергетична Стратегія передбачає катастрофічне відставання України від розвинутих країн щодо розвитку ВДЕ.

Об'єкт дослідження: процес роботи двох енергетичних систем при паралельній роботі.

Предмет дослідження: відновлювальні джерела енергії в приватних домогосподарствах

Метою роботи є дослідження роботи автономних і мережевих енергетичних систем на базі відновлювальних джерел енергії в приватних домогосподарствах.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

1. Проведено дослідження потенціалу відновлювальних джерел енергії;
2. Проведено аналіз стану та проблем світової енергетики;
3. Проведено аналіз зеленого тарифу та сферу його застосування;
4. Проаналізовано розміри зелених тарифів та їх використання;
5. Проаналізовано виробництво електричної енергії, яка вироблена одночасно з традиційних та відновлюваних джерел;
6. Проведено загальну оцінку впливу розосереджених джерел електроенергії на режим роботи розподільних електричних мереж;
7. Проаналізовано вплив джерел розосередженого генерування на надійність розподільних електричних мереж;
8. Представлено перспективний шлях вдосконалення енергетичних систем України.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач були використані методи математичного аналізу, теорії автоматичного управління, математичного та комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

Запропоновано використання традиційної та відновлювальної енергії в приватних домогосподарствах, з генеруванням в мережу надлишку виробництва нетрадиційної енергії за рахунок районних електромереж, також пропонується виготовлення паливних брикетів, для забезпечення тепловою енергією в майбутньому приватного домогосподарства.

Практичне значення одержаних результатів

Встановлено що при добовій і сезонній нерівномірності виробітку електроенергії нетрадиційними і відновлюваними джерелами енергії значна економія традиційних енергоносіїв може бути досягнута шляхом акумулювання енергії, виробленої в періоди її мінімального споживання. Розрізняють буферні та ємнісні акумулятори енергії: буферні здатні запасати і віддавати споживачеві накопичену енергію в короткі проміжки часу, які обчислюються секундами, хвилинами і до однієї години; ємнісні здатні запасати і віддавати споживачеві накопичену енергію протягом тривалого часу - до декількох годин.

Апробація результатів роботи.

Окремі результати роботи доповідались на XI Міжнародній студентській науково-технічній конференції ТНТУ імені Івана Пулюя «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», 26-27 квітня 2018 року.

Структура і обсяг роботи.

Дипломна робота магістра складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи 125 сторінок, 12 таблиць і 28 рисунків; список літератури з 60 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 містить результати роботи по аналізу існуючої у світі інформації щодо тематики дипломної роботи. Потенціал сонячної енергії в Тернопільській обл. є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання. Ефективність експлуатації геліоенергетичного обладнання в залежності від пори року значно коливається – 8 місяців (з квітня по жовтень) є доволі висока, а в інші періоди вироблена потужність зможе задовільнити потреби невимогливого споживача (автономно). Тому фотоенергетичне обладнання на просторах Тернопільщини може достатньо ефективно експлуатуватися практично на протязі всього року.

Міні - та мікро ГЕС можуть стати потужною основою енергозабезпечення за умови збільшення вироблення енергії на існуючих ГЕС, та будівництва їх на інших річках і повноцінне використання потенціалу р. Дністер (за умови отримання екологічного одобрення, та політичної домовленості), однак в місті ніяк не використовуються техногенні і стічні води.

На сьогоднішній день в Україні практично відсутні дослідження і розробки спрямовані на використання незатребуваною або надлишковою (весною та літом) теплової енергії теплових насосів і сонячних колекторів, тобто, така тепла енергія потрапляє в категорію втрат, тому перспективним є перетворення цієї теплової енергії в електричну з використанням електричних нагрівачів для підтримки характеристик системи теплопостачання і компенсації втрат.

У **другому розділі «Основна частина»** наведено основні результати дипломної роботи. Здійснено аналіз механізмів стимулювання виробництва електроенергії з відновлювальних джерел в Україні. Проведено аналіз структури ринку електроенергетики. Здійснено аналіз «зеленого» тарифу та сферу його застосування. Визначення альтернативних джерел енергії міститься в Законі України «Про альтернативні джерела енергії». Відповідно до вказаного закону, альтернативними джерелами енергії є:

1) відновлювані джерела енергії, до яких належать сонячна, вітрова, геотермальна енергія, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів;

2) вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів.

Також проведено аналіз «зелених» тарифів на електроенергію з біомаси та біогазу. Встановлено що закон про електроенергетику не встановлює будь-яких обмежень на одночасне використання альтернативних і традиційних джерел енергії для виробників, що мають намір отримати «зелений» тариф. Однак фактичне застосування «зеленого» тарифу за таких умов неможливе. Причиною зазначеної ситуації є те, що Порядок встановлення, перегляду та припинення дії «зеленого» тарифу для суб'єктів господарської діяльності, затверджений постановою НКРЕ від 22.01.2009 р. № 32, не поширюється на суб'єктів господарювання, що здійснюють діяльність із виробництва електричної енергії на об'єктах електроенергетики з одночасним використанням альтернативних і традиційних джерел енергії (традиційних видів палива).

Згідно із Законом про електроенергетику, схема стимулювання відновлюваної енергетики шляхом встановлення «зеленого» тарифу запроваджена на термін до 01.01.2030 р. Разом з тим будь-яких офіційних цілей, які мають бути досягнуті за допомогою «зелених» тарифів, а також планів щодо максимальних розмірів установлених потужностей (або максимальних обсягів виробленої електроенергії), які держава буде підтримувати за допомогою «зелених» тарифів, оприлюднено не було. Крім того, Верховна Рада України не має жодних юридичних перешкод для того, щоб достроково припинити або суттєво змінити наявну схему стимулювання.

Окрім ризику загального скасування «зелених» тарифів законодавство України передбачає можливість припинення дії «зеленого» тарифу щодо окремого виробника електроенергії.

Так, Порядок встановлення, перегляду та припинення дії «зеленого» тарифу для суб'єктів господарської діяльності, затверджений постановою НКРЕ від 22.01.2009 р. № 32, містить такі додаткові підстави для припинення дії «зеленого» тарифу для суб'єктів підприємницької діяльності:

1) ненадання інформації НКРЕ або надання їй недостовірної інформації про діяльність суб'єкта господарювання з виробництва електричної енергії з альтернативних джерел;

2) анулювання ліцензії на виробництво електроенергії або на когенерацію.

На даний час основною складовою РДЕ є відновлювані джерела електричної енергії. Останнім часом впровадження РДЕ в енергосистеми є основним напрямком розвитку електроенергетики як України так і інших країн світу. Причинами цього є зниження негативного впливу на оточуюче середовище, покращення показників якості електричної енергії та мінімізація її втрат.

Особливістю відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), найбільш розповсюджених РДЕ, є їх нестабільність зумовлена залежністю від природних умов. Так вітрові електричні станції (ВЕС) та сонячні електростанції (СЕС) не завжди можуть забезпечити задовільну підтримку системи електропостачання. На рис. 1 показано характерний добовий графік навантаження та характерний графік генерації СЕС, ВЕС та МГЕС. З графіків видно, що забезпечення споживачів електричною енергією відновлюваними джерелами енергії без достатнього рівня резерву традиційними джерелами електричної енергії не можливе.

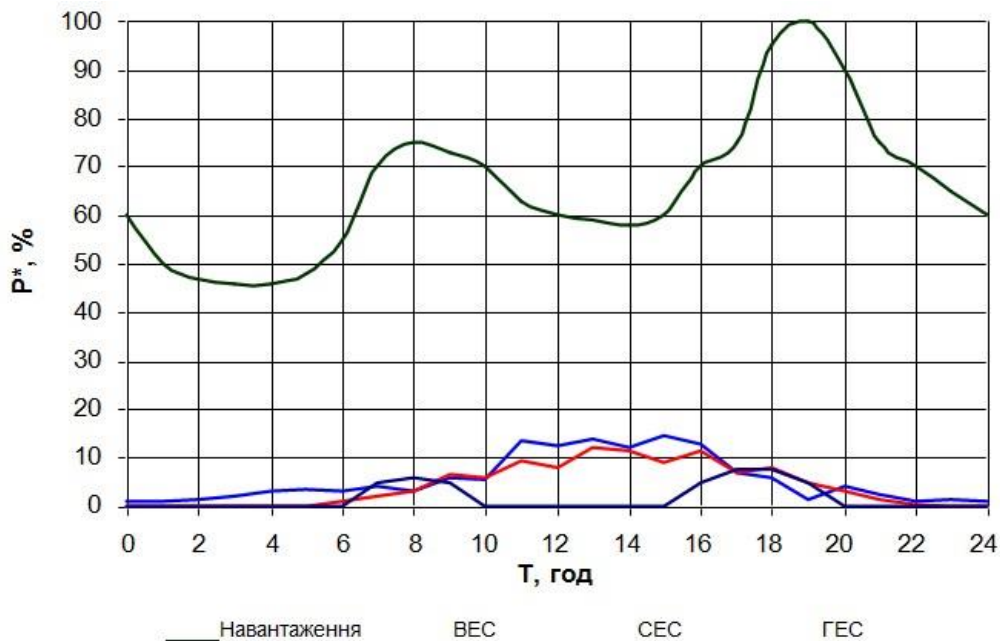


Рис. 1. Графік роботи ВДЕ в розподільній електричній мережі

Проведено аналіз впливу джерел розосередженого генерування на надійність електричних мереж. Запропоновано розширити термінологічне поле в області надійності електроенергетичних систем (ЕЕС). Так в залежності від системи допущень та обмежень, а також від використовуваного математичного апарату задача розрахунку надійності умовно може бути розділена на три групи, які характеризують надійність ЕЕС: структурна (схемна), режимна (функціональна) і балансова надійності (рис. 2).

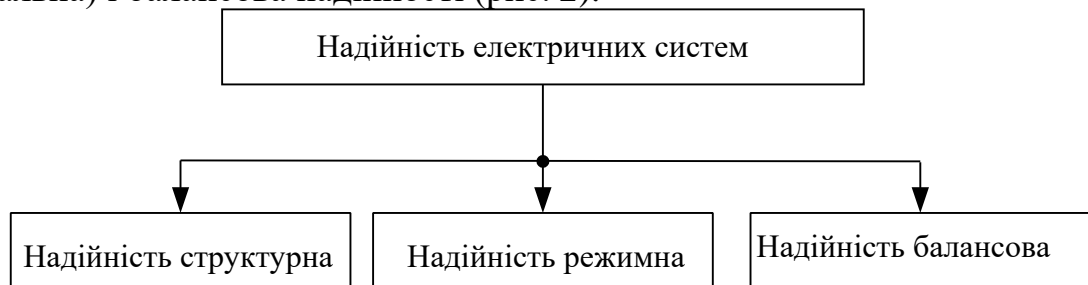


Рис. 2. Класифікація надійності електричних систем за моделями розрахунку

Відповідно до визначень режимної та балансової надійності можна однозначно констатувати вплив на них розподіленої генерації і відновлюваних джерел електроенергії зокрема. Оскільки розвиток ВДЕ, стимульований державою, набирає обертів і ми говоримо про розподілену генерацію на рівні десятків і сотень мегават, що є суттєвим як на рівні конкретних елементів електроенергетичних систем (режиму роботи та завантаження) так і на рівні забезпечення балансу між згенерованою і спожитою потужностями.

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлено сучасні підходи до візуального моделювання складних систем та опис ліцензійного програмного забезпечення, яке використано для проведення розрахунків та представлення їх результатів.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» наведено обґрунтування показників та розрахунок періоду окупності економічної ефективності та розраховано трудомісткість робіт і їхню вартість.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано основні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації технологічного обладнання. Запропоновані заходи щодо захисту від електричного струму. Також пропонуються заходи з пожежної безпеки на таких об'єктах.

У шостому розділі «Екологія» наведено аналіз екологічних аспектів нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та методів прогнозування стану навколишнього природного середовища.

ВИСНОВКИ

1. За даними Інституту відновлюваної енергетики Національної академії наук України, очікувані обсяги виробництва електроенергії з 1 м^2 перетину площі вітроколеса в перспективних регіонах складають 800-1000 кВт·год/ м^2 за рік. В умовах Тернополя за допомогою вітроустановок можливим є використання 5-11 % річного об'єму енергії вітру, що проходить крізь перетин поверхні вітроколеса.
2. Потенціал сонячної енергії в Тернопільській обл. є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання. Ефективність експлуатації геліоенергетичного обладнання в залежності від пори року значно коливається – 8 місяців (з квітня по жовтень) є доволі висока, а в інші періоди вироблена потужність зможе задовільнити потреби невимогливого споживача (автономно). Тому фотоенергетичне обладнання на просторах Тернопільщини може достатньо ефективно експлуатуватися практично на протязі всього року.
3. Міні- та мікроГЕС можуть стати потужною основою енергозабезпечення за умови збільшення вироблення енергії на існуючих ГЕС, та будівництва їх на інших річках і повноцінне використання потенціалу р. Дністер (за умови отримання екологічного одобрення, та політичної домовленості), однак в місті ніяк не використовуються техногенні і стічні води.

4. На сьогоднішній день в Україні практично відсутні дослідження і розробки спрямовані на використання незатребуваною або надлишковою (весною та літом) теплової енергії теплових насосів і сонячних колекторів, тобто, така тепла енергія потрапляє в категорію втрат, тому перспективним є перетворення цієї теплової енергії в електричну з використанням електричних нагрівачів для підтримки характеристик системи теплопостачання і компенсації втрат.
5. Енергетичний потенціал в аграрному секторі представлено такими основними складовими – енергетичним потенціалом тваринницької і рослинної сільськогосподарської діяльності. В цій галузі існує достатній енергетичний потенціал практично всіх видів біомаси і необхідна науково-технічна та промислова база для розвитку даної галузі енергетики. Показники енергетичного потенціалу біомаси відрізняються від потенціалу інших відновлюваних джерел енергії і в значній мірі залежить від рівня господарської діяльності.
6. Основними технологіями переробки біомаси, які можна рекомендувати до широкого впровадження в даний час є: пряме спалювання, піроліз, газифікація, анаеробна ферментація з утворенням біогазу, виробництво спиртів та масел для одержання моторного палива.
7. При добовій і сезонній нерівномірності виробітку електроенергії нетрадиційними і відновлюваними джерелами енергії значна економія традиційних енергоносіїв може бути досягнута шляхом акумулювання енергії, виробленої в періоди її мінімального споживання. Розрізняють буферні та ємнісні акумулятори енергії: буферні здатні запасати і віддавати споживачеві накопичену енергію в короткі проміжки часу, які обчислюються секундами, хвилинами і до однієї години; ємнісні здатні запасати і віддавати споживачеві накопичену енергію протягом тривалого часу - до декількох годин.
8. При застосуванні акумуляторів в енергосистемах на основі відновлюваних джерел енергії виконуються такі основні функції: забезпечення безперебійного енергопостачання споживачам за рахунок накопичення надмірної енергії та подальшого її використання в період відсутності або недостатчі; забезпечення оптимального режиму роботи джерел енергії та споживачів за рахунок згладжування коливань в енергомережі; підвищення потенціалу енергії до необхідного при накопиченні низько-потенціальної енергії; перетворення енергії одного виду в інший відповідно до потреб споживача.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Шеркунов М. Підвищення енергоефективності та надійності автономних енергетичних систем у приватних домогосподарствах / Шеркунов М. // Збірник тез Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 26-27 квітня 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 130. — (Електротехніка, електроніка та світлотехніка).

АНОТАЦІЯ

Шеркунов М.Р. Підвищення енергоефективності автономних і мережевих енергетичних систем на базі відновлювальних джерел енергії в приватних домогосподарствах. – **Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У роботі обґрунтовано та запропоновано використання традиційної та відновлювальної енергії в приватних домогосподарствах, з генеруванням в мережу надлишку виробництва нетрадиційної енергії за рахунок районних електромереж, також пропонується виготовлення паливних брикетів, для забезпечення тепловою енергією в майбутньому приватного домогосподарства. Встановлено що при добовій і сезонній нерівномірності виробітку електроенергії нетрадиційними і відновлюваними джерелами енергії значна економія традиційних енергоносіїв може бути досягнута шляхом акумулювання енергії, виробленої в періоди її мінімального споживання.

Ключові слова: біоенергія, мікрогес, мінігес, енергія вітру, енергія сонця, біогаз, біомаса, електричні мережі, поновлювальна енергетика, енергоефективність.

ANNOTATION

Sherkunov M.R. Energy efficiency increasing of autonomous and network energy systems based on renewable energy sources in private households. - **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics . – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

The work substantiates and proposes the use of traditional and renewable energy in private households, generating in the network an excess of non-traditional energy production at the expense of district electricity grids, and also proposes the production of fuel briquettes for the provision of thermal energy in the future of a private household. It has been established that with daily and seasonal unevenness of electricity production by non-traditional and renewable energy sources, considerable savings in traditional energy sources can be achieved by accumulating energy produced during the periods of its minimum consumption.

Key words: bioenergy, microagents, miniges, wind energy, solar energy, biogas, biomass, power networks, renewable energy, energy efficiency.