

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ЦЕНТР ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ДЗОБКО ТАРАС БОГДАНОВИЧ

УДК 621.311

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ**

141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2019

Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: кандидат технічних наук, доцент кафедри електричної інженерії
Оробчук Богдан Ярославович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Рецензент: кандидат технічних наук,
доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв
Коноваленко Ігор Володимирович,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 21 грудня 2019 р. о 09⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 39 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус № 7, ауд. 310

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток суспільства з найдавніших часів тісно пов'язаний з енергетикою. По суті, історія суспільства – це історія енергетики. Причому першими джерелами для перетворювальної діяльності людини були відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) – м'язова сила тварин, вітер, течія рік, припливи; пізніше в хід пішли органічні паливні копалини, ще пізніше – ядерне паливо. Постійно зростаючі потреби в енергії так чи інакше задовольнялися за рахунок покращення технології переробки палива, притягнення нових ресурсів, вдосконалення споживання.

В наш час рівень економічного розвитку країни, досконалість технологій, що застосовуються, продуктивність праці в різних галузях господарства значною мірою визначається кількістю енергії, що виробляється і споживається, особливо електроенергії. Останнім часом першочергове значення набувають саме негативні процеси, пов'язані з електроенергетикою.

По-перше, виникла стійка тенденція до зростання вартості електроенергії. При існуючих електроенергетичних системах та технологіях використання електроенергії споживачем і при схемах її споживання, що склалися, більшість промислово розвинених країн вже підійшло до тієї межі, коли з подальшим зростанням виробництва електроенергії видатки починають перевищувати прибутки.

По-друге, нинішній монополізм енергокомпаній не стимулює їх до боротьби з аварійними ситуаціями, що виникають. Через важке фінансове становище електроенергетичної галузі витрати на проведення капітальних ремонтів та реконструкцій електромереж протягом останніх п'яти років різко зменшилися, унаслідок чого технічний стан мереж з кожним роком погіршується.

По-третє, велика доля тиску на навколишнє середовище, що припадає на енергопостачання, тепер починає порушувати природні процеси і набуває реальної загрози.

Тому саме в даний час життя знову змушує нас повернутись обличчям до джерел відновлювальної енергії, природа яких визначається процесами на сонці й в глибинах Землі, гравітаційною взаємодією Сонця, Землі та Місяця. Навіть активні прибічники пріоритетного розвитку ядерної енергетики в своїх прогнозах на кінець ХХІ століття відводять відновлюваній енергії не менше 18 % від загального споживання.

Україна щорічно споживає 210 млн. тон умовного палива енергетичних ресурсів і відноситься до енергодефіцитних країн, бо покриває свої потреби в енергоспоживанні приблизно на 53% та імпортує 75% необхідного обсягу природного газу і 85% сирової нафти і нафтопродуктів. Та географічне положення України забезпечує її значними потенціалами ВДЕ. Саме на їх основі можна було б будувати автономні системи електропостачання для окремих споживачів.

Розробка та впровадження таких систем на сьогодні є одним з найбільш перспективних напрямків енергозбереження. Це і викладене вище й обумовлює актуальність теми дипломної роботи.

Мета і завдання досліджень.

Метою роботи є розробка системи автономного електропостачання для житлового будинку на основі альтернативних джерел енергії.

Для досягнення мети поставлені та вирішені такі завдання:

- розроблено комбіновану систему автономного електропостачання житлового будинку на основі вітро- і геліоустановок;
- для кожного з приміщень житлового будинку проведено розрахунок освітлення на основі даних світлодіодних джерел світла;
- здійснено розрахунок і вибір інвертора, акумуляторних і сонячних батарей, а також вітрогенератора;
- розроблено систему автоматизованого керування механізмом повороту сонячних батарей і за допомогою критеріїв Гурвіца і Найквіста доведено стійкість системи;
- здійснено вибір апаратури для системи автономного електропостачання житлового будинку;
- розраховано економічну ефективність використання автономної системи електропостачання житлового будинку на основі відновлювальних джерел енергії.

Об'єктом дослідження є процеси функціонування комбінованих автономних систем електропостачання з різними джерелами енергії, інтегрованих у систему електропостачання житлового будинку.

Предмет дослідження – процеси вироблення електричної енергії генеруючими установками шляхом використання альтернативних джерел енергії.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному: на основі проведеного аналізу режимів функціонування споживачів електричної енергії у приватних житлових будинках, а також аналізу методів та засобів підвищення в них енергоефективності було розроблено методологію оцінювання ефективності впровадження енергоефективних технологій для підвищення рівня «пасивності» приватних житлових будинків, що дало змогу визначити оптимальну конфігурацію систем забезпечення будинку електричною енергією, що базуються на використанні відновлювальних джерел енергії, а саме вітро- і геліоустановки.

Практичне значення одержаних результатів роботи. Робота має практичне значення при проведенні реконструкції та модернізації приватних житлових будинків шляхом встановлення вітро- і геліоустановок для підвищення рівня енергетичної ефективності житлового приватного будинку. Отримані у даній роботі результати допоможуть визначити оптимальну систему електропостачання будинку та забезпечити виконання поставлених завдань з мінімальними затратами.

Апробація.

Основні положення роботи і її результати доповідалися на IV Міжнародній науково-технічній конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій», присвяченій 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця (20 червня 2019 р., м. Тернопіль).

Структура роботи.

Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (24 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 127 сторінок, 15 таблиць, 17 рисунків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність, мету і завдання роботи, об'єкт та предмет дослідження, описану наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

У **першому розділі «Аналітична частина»** виконано аналіз сучасних сучасних вітроустановок, переваг та недоліків існуючих фотоелектричних систем, розглянуто основні поняття сонячної енергетики і типи сонячних батарей, виконано аналіз сонячного випромінювання як джерела енергії, а також гібридних системи електропостачання.

Нами були розглянуті особливості енергосистем на основі ВДЕ. Було встановлено, що кожна з таких систем має як і свої переваги, так і свої недоліки, і може бути використана для електропостачання автономного споживача як самостійно, так і в комбінації з іншими джерелами енергії. Остаточний вибір конфігурації системи електропостачання автономного споживача й подальше її проектування і розрахунок можна зробити лише виходячи з даних щодо споживаної потужності, а також з урахуванням вітрового й сонячного потенціалу конкретної місцевості (у нашому випадку – Тернопільський район Тернопільської області). Дане завдання вирішується у наступних розділах дипломної роботи.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** виконано обґрунтування застосування електроприводу в сонячних установках, розроблено математичну модель слідкуючого електроприводу, визначено передавальні функції, досліджено динамічний режим роботи САК та виконано аналіз її стійкості.

Найбільш неефективним з точки зору економії електроенергії є перетворювач на транзисторах, який працює в підсилювальному режимі. При коефіцієнті запасу по швидкості, який дорівнює 10, ККД в режимі стеження не буде перевищувати 10%, що дуже неекономно. Однак, такий спосіб керування напругою в ЕП геліоустановок на практиці є досить поширеним, що пояснюється простотою реалізації і надійністю.

В САК електроприводом повороту сонячних батарей з метою підвищення якісних характеристик пропонується використовувати два регулятори – положення і швидкості.

У якості регулятора положення виступає ПІ-регулятор з передавальною функцією виду

$$W_{PI}(p) = K_{PIPI}. \quad (1)$$

Передавальна функція ПІ-регулятора швидкості запишеться як сума П і І-складової. Але при моделюванні САК потрібно використовувати передавальну функцію не ідеальної, а реальної інтегруючої ланки. Ідеальна інтегруюча ланка може приводити до нескінченного накопичення вхідного сигналу регулятора, що на практиці є неможливим. Тоді передавальна функція ПІ-регулятора швидкості запишеться у вигляді

$$W_{PII}(p) = K_{PII} + \frac{K_{PII}}{p(T_{PII}p+1)}. \quad (2)$$

Задача синтезу САК зводиться до знаходження коефіцієнтів регулятора положення і регулятора швидкості K_{PIPI} , K_{PII} , K_{PII} . Чим меншою є стала інтегрування T_{PII} , тим ближчою по своїй дії є реальна інтегруюча ланка до ідеальної. На основі отриманих рівнянь складаємо структурну схему САК (рис. 1).

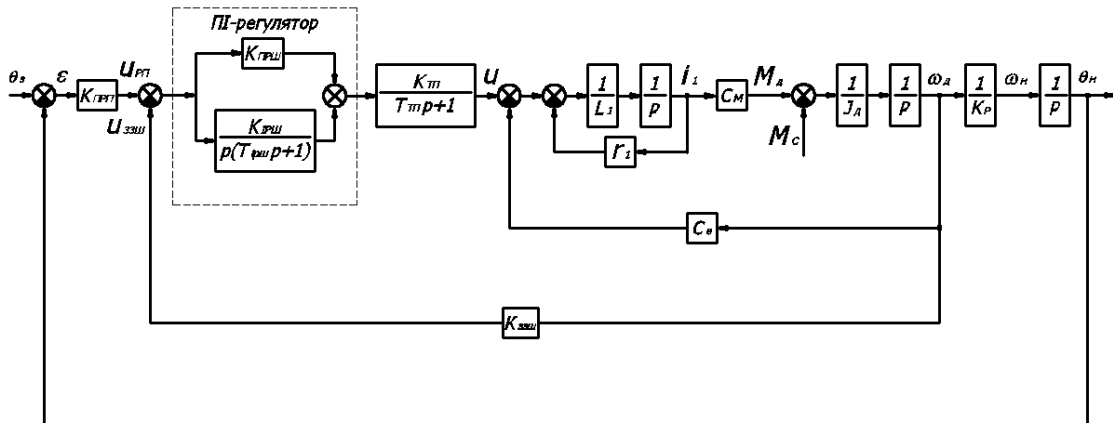


Рисунок 1 - Структурна схема САК механізмом повороту геліоустановки

У третьому розділі «Технологічна частина» виконано порівняльний аналіз джерел світла, проведено розрахунок електроспоживання житлового будинку та здійснено вибір конфігурації системи автономного електропостачання.

Для вибору конфігурації системи електропостачання автономного споживача (житлового будинку) і подальшого її проектування необхідно мати дані щодо споживаної потужності, а також дані вітрового і сонячного потенціалу конкретної місцевості. Споживану потужність неважко підрахувати, якщо точно відоме електрообладнання, яке використовується в будинку. Оскільки за останні роки з'явилися значні можливості для економії електроенергії внаслідок використання енергоощадних джерел світла, то потрібно проаналізувати їх переваги і недоліки, а потім провести розрахунок споживаної потужності з урахуванням обраного типу обладнання.

Провівши детальний аналіз, було вирішено використовувати для освітлення будинку та прилеглої території світлодіодні лампи.

Об'єктом проектування є житловий будинок у селі Гаї Шевченківські Тернопільського району Тернопільської області. Енергія, яка споживається житловим будинком, витрачається на опалення, освітлення і приведення в дію різних електроприймачів. У зв'язку з цим для проектування системи автономного електропостачання необхідно мати інформацію щодо графіків електроспоживання і зміни споживаної потужності.

Якщо врахувати те, що вітер з робочими для ВЕУ швидкостями дме не постійно, а переважно в похмурі дні, коли енергія, що виробляється СБ, є незначною, то в цій дипломній роботі ми вирішили використовувати гібридну (вітросонячну) систему автономного електропостачання, що зображена на рис. 2. Такі системи рекомендовані для використання у Тернопільській області.

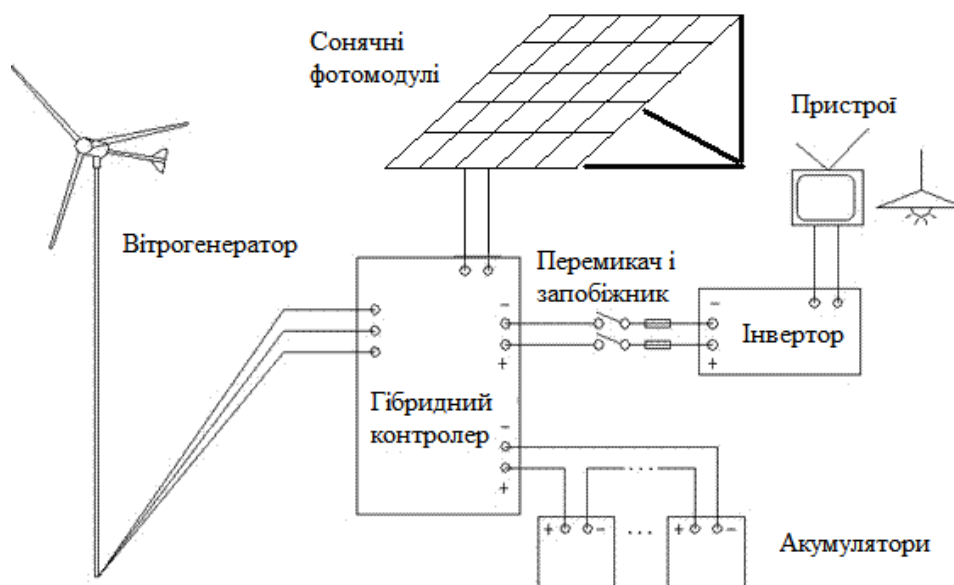


Рисунок 2 - Гібридна автономна система – «Сонце-вітер»

У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина» проведено розрахунок фотоелектричної системи, параметрів вітроустановки, імпульсного стабілізатора напруги, трансформатора, інвертора та виконано розробку електроприводу механізму повороту сонячних батарей.

Споживання енергії на тиждень складає $W_{зм} = 90,015 \text{ кВт} \cdot \text{год}$. Будинок підключений до загальної електромережі. Якщо енергії, що виробляється СБ, буде недостатньо, енергія буде споживатися від ВЕУ. А коли вироблення буде більше споживання, електроенергія передається на забезпечення опалення приміщень будинку.

При цілорічній експлуатації фотоелектричної системи з дублером, у тому числі при роботі із загальною електромережею, для зменшення витрат можна вибрати мінімально можливу кількість днів без Сонця на тиждень – 1. Це обумовлюється підзарядкою від резервного джерела в будь-який час. Також можливо прийняти за цей параметр вибрану кількість днів, протягом яких АБ буде жити навантаження самостійно без підзарядки.

Розрахунок кількості сонячних батарей проводився за середньорічною кількістю пікових Сонце-годин, щоб зменшити витрати на фотоелектричну систему. Це можливо за рахунок використання загальної енергосистеми в якості дублера. У теплу пору року вироблювана енергія може передаватися в загальну мережу, а в холодну, відповідно, забиратися.

Для живлення інвертора встановлюємо понижуючий стабілізатор напруги і приймаємо мінімальну напругу на виході сонячної батареї 24 В. Це забезпечить стабільність роботи енергосистеми при низькій інтенсивності сонячної радіації.

Кількість енергії, що виробляється сонячною установкою, можливо збільшити, якщо до складу вітросонячного комплексу ввести спеціальну систему з електроприводом для повороту СБ. Наведення СБ на Сонце дозволяє підвищити їх енергетичну ефективність не менше, ніж на 30%. Вибір електродвигуна для механізму повороту СБ здійснюється на основі їх масо-габаритних показників.

Оскільки основним джерелом для автономного електропостачання сільського будинку в даному дипломному проєкті є фотоелектрична система, то було обрано вітроустановку невеликої потужності, яка буде забезпечувати отримання необхідної кількості електроенергії у випадку її недостатчості у похмурі дні. Даним вимогам відповідає *вітрогенератор горизонтальної серії E1,5*.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» виконано вибір давача швидкості вітру, щитка освітлення і проводів, апаратів захисту та автоматичного введення резерву.

Давач швидкості вітру необхідний для передачі сигналу про поточне значення цього параметра до регулятора збудження. Регулятор аналізує цей і інші сигнали та видає сигнал на блок керування збудженням для підтримки струму збудження, а отже – і моменту навантаження на такому рівні, за якого встановлюється оптимальна швидкість обертання вітроколеса, що приводить до максимального відбору потужності. При виборі давача швидкості вітру враховують діапазон вимірюваних швидкостей, ціну й масо-габаритні показники. Проаналізувавши доступні на сьогодні на ринку давачі, можна віддати перевагу давачу марки ДВ-160. Крім швидкості він вимірює також і напрямок вітру. Отримання даних з давача відбувається по інтерфейсу RS-485. Вбудований мікропроцесор проводить обробку даних і накопичує їх у пам'яті. По інтерфейсу можна зробити запит як на поточні параметри вітрового потоку, так і на накопичені в пам'яті осереднені дані.

Щитки будинків призначені для розподілу й обліку електричної енергії, а також для захисту відхідних ліній при перевантаженнях і коротких замиканнях. Вони експлуатуються при температурі навколишнього повітря від +1 до +40 °С, відносній вологості повітря до 80% при температурі 25 °С і при більш низьких температурах без конденсації вологи в навколишньому середовищі, яке не містить газів, рідин і пилу в концентраціях, які можуть викликати порушення роботи щитків. Робоче положення щитка – вертикальне, з допустимим відхиленням не більше 1°.

Автоматичне введення резерву (АВР) призначене для забезпечення резервним живленням навантажень, підключених до системи електропостачання, що

має не менше двох вводів живлення. Головною його задачею є підвищення надійності системи електропостачання. Воно автоматично підключає до навантаження резервні джерела живлення. Вибір АВР здійснюється за струмом навантаження, який у нашому випадку дорівнює 48,44 А. Тоді обираємо АВР 50А ЩАГУ 1/1-D50/1К.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» розглянуто капітальні витрати на систему автономного електропостачання, розраховано витрати на автономне електропостачання та проведено розрахунок собівартості електроенергії від автономної системи електропостачання.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» виконано аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які можуть виникнути при монтажі й експлуатації вітросонячного комплексу, проведено розрахунок струму при однополюсному і двохполюсному дотику до струмопровідних частин вітросонячного комплексу та запропоновано заходи безпеки життєдіяльності для захисту працюючих.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто вплив сонячних електростанцій на навколишнє середовище та запропоновано способи захисту навколишнього середовища і персоналу від впливу вітросонячного комплексу.

ВИСНОВКИ

Метою дипломної роботи була розробка системи автономного електропостачання для житлового будинку на основі альтернативних джерел енергії.

Для досягнення поставленої мети були розв'язані наступні задачі:

1) З метою побудови конфігурації системи автономного електропостачання житлового будинку були проаналізовані існуючі конструкції вітроенергетичних установок та фотоелектричних систем. Визначені їх переваги та недоліки. На основі проведеного аналізу запропоновано комбіновану систему автономного електропостачання житлового будинку на основі вітро- і геліоустановок. Використання гібридної системи дозволило компенсувати недоліки, якими володіє кожна з систем при самостійному використанні.

2) Проаналізовані існуючі джерела світла. Встановлено, що з метою додаткової економії електроенергії доцільно використовувати світлодіодні світильники. Для кожного з приміщень житлового будинку проведений розрахунок освітлення на основі даних джерел світла.

3) Здійснено розрахунок і вибір інвертора, акумуляторних і сонячних батарей, а також вітрогенератора.

4) З метою підвищення енергоефективності сонячних установок розроблено САК механізмом повороту сонячних батарей. Перехідний процес системи характеризується відсутністю перерегулювання та часом регулювання 2 с, що в цілому відповідає вимогам, які пред'являються до таких САК.

За допомогою критеріїв Гурвіца і Найквіста доведено стійкість системи. Запас за амплітудою складає 47,9 Дб, а по фазі – 180°.

5) Здійснено вибір наступної апаратури: давач швидкості вітру, щиток освітлення, проводи, захисні автомати, автоматичне введення резерву.

6) Розраховано економічну ефективність використання автономної системи електропостачання житлового будинку на основі відновлювальних джерел енергії. Річний економічний ефект склав 23996,81 грн, а термін окупності капітальних вкладень – приблизно 12 років.

7) Проаналізовано шкідливі і небезпечні фактори, що можуть виникати при експлуатації вітросонячного комплексу та запропоновані засоби захисту від них, розглянуто потенційні надзвичайні ситуації, що можуть виникати при роботі системи електропостачання та запропоновані способи їх попередження та засоби захисту навколишнього середовища

Враховуючи той факт, що кількості енергії, яка виробляється вітросонячним комплексом, достатньо для забезпечення потреб житлового будинку, мету дипломної роботи можна вважати досягнутою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дзьобко Т.Б. Використання телекомунікаційних технологій в силових електромережах. Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп'ютерних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф., присвяченій 80-ти річчю з дня народження професора Я.І. Проця (Тернопіль, 20 червня 2019 р.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – С. 332-334.

АНОТАЦІЯ

Дзьобко Т.Б. Розробка системи автономного електропостачання житлового будинку, Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Центр перепідготовки та післядипломної освіти. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕд-2. – Тернопіль: ТНТУ, 2019.

Стор. - 127; рис. - 17; табл. - 15; джерел – 24.

У дипломній роботі приведено результати розробки системи автономного електропостачання для житлового будинку на основі альтернативних джерел енергії. Проведено аналіз сучасних вітроустановок, фотоелектричних систем та гібридних систем електропостачання, обґрунтовано застосування електроприводу в сонячних установках, розроблено математичну модель слідкуючого електроприводу.

В роботі виконано розрахунок електроспоживання житлового будинку, вибір конфігурації системи автономного електропостачання, проведено розрахунок фотоелектричної системи і вітроустановки та вибрана апаратура для їх реалізації.

Ключові слова: автономна система електропостачання; вітроустановка; фотоелектрична система; сонячна батарея; електропривід.

ANNOTATION

Dzobko Taras. Development of a system of autonomous electricity supply of a dwelling house, 141 - Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Center for retraining and postgraduate education. Chair of Electrical Engineering, group ЕЕд-2. – Ternopil: TNTU, 2019.

Page – 127; Illustrations – 17; Tables – 15; Sources – 24

In the diploma paper the results of the development of an autonomous electricity supply system for an apartment building based on alternative energy sources. The analysis of modern wind turbines, photoelectric systems and hybrid power supply systems is conducted, the use of electric drive in solar installations is substantiated, the mathematical model of the tracing electric drive is developed.

The calculation of the electricity consumption of an apartment building, the choice of the configuration of the system of autonomous electricity supply, the calculation of the photoelectric system and the wind turbine were performed and the equipment for their realization was performed.

Key words: autonomous power supply system; wind installation; photoelectric system; solar battery; electric drive.