

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Оцінка забезпечення безаварійної роботи
потужних побутових споживачів**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТс-41
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Батрин А.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Сисак І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мовчан Л.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Батрин Артем Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оцінка забезпечення безаварійної роботи потужних побутових споживачів

Керівник роботи Сисак Іван Михайлович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1164

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Перелік побутових приладів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Презентація

2.

3.

4.

5.

6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Мовчан Л.Т., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Проектно-конструкторський розділ		
4	Розрахунковий розділ		
5	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці		
6	Загальні висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент _____
(підпис)

Батрин А.І.
_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Сисак І.М.
_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2026.

Стор. 60; рис. 21; табл. 7; креслень -; джерел 28; додатків 0.

Робота бакалавра виконана згідно завдання на тему: «Оцінка забезпечення безаварійної роботи потужних побутових споживачів».

Метою роботи є оцінка забезпечення безаварійної роботи потужних побутових споживачів електроенергії шляхом аналізу режимів їх експлуатації, навантажень на електромережу. У роботі досліджуються причини виникнення аварійних режимів, перевантажень і перебоїв електропостачання, а також розглядаються способи підвищення надійності та безпеки роботи побутових електроустановок із використанням сучасних засобів захисту, резервного живлення та систем контролю електроспоживання.

Проведено огляд та аналіз побутових електроприладів, які використовуються для дослідження циклів роботи та особливостей електроспоживання. Проведені експериментальні дослідження показали, що різні побутові електроприлади мають суттєво відмінні режими електроспоживання. Встановлено, що бойлер характеризується тривалим циклом нагрівання води зі стабільною потужністю споживання. Дослідження фена показало, що його потужність значною мірою залежить від обраного режиму роботи та може змінюватися в широких межах. Виявлено, що праска та мультипіч працюють у циклічному режимі підтримання температури. Встановлено, що електрочайник під час нагрівання води споживає практично сталу потужність протягом усього робочого циклу. Аналіз роботи пральної машини показав змінний характер навантаження.

Ключові слова: безаварійна робота, побутовий споживач.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Причини виникнення аварійних режимів, перевантажень і перебоїв електропостачання.....	9
1.2 Способи підвищення надійності та безпеки роботи побутових електроустановок із використанням сучасних засобів захисту, резервного живлення та систем контролю електроспоживання.....	12
1.3 Черга відключення від АТ «Тернопільобленерго».....	14
1.4 Першочергові і другочергові побутові прилади.....	16
1.5 Класифікація побутових споживачів за потужністю споживання	19
1.6. Постановка задач.....	22
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	23
2.1 Огляд побутових приладів для дослідження циклів їх роботи.....	23
2.1.1 Бойлер Thermex IF 80V.....	23
2.1.2 Фен Ideenwelt RCY-191i.....	25
2.1.3 Праска TEFAL Puregliss FV8064E0.....	27
2.1.4 Електрочайник GORENJE K 17 FEII.....	29
2.1.5 Пральна машина LG F10B8ND5.....	31
2.1.6 Мультиварка-скороварка PHILIPS HD2151/40.....	33
2.1.7 Мультипіч Philips NA351/00.....	35
2.2 Висновки до Розділу 2.....	37
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	38
3.1 Дослідження роботи побутових приладів в часі.....	38
3.1.1 Бойлер.....	38
3.1.2 Фен.....	40
3.1.3 Праска.....	41
3.1.4 Електрочайник.....	43

3.1.5 Пральна машина.....	45
3.1.6 Мультипіч.....	46
3.2 Висновки до Розділу 3.....	48
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	50
4.1 Наслідки перегріву електропроводки та контактних з'єднань.....	50
4.2 Правила пожежної безпеки при використанні потужних електроприладів.....	51
4.3 Дії при ураженні людини електричним струмом.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність теми забезпечення безаварійної роботи потужних побутових споживачів електроенергії зумовлена стрімким збільшенням кількості електроприладів великої потужності у сучасних житлових будинках та квартирах. Сьогодні в побуті широко використовуються електричні котли, бойлери, кондиціонери, індукційні плити, зарядні станції, пральні та посудомийні машини, електрообігрівачі, системи теплої підлоги та інше обладнання, яке створює значне навантаження на внутрішні електромережі. Одночасне ввімкнення декількох потужних споживачів може спричинити перевантаження електропроводки, падіння напруги, перегрів контактних з'єднань, спрацювання захисної автоматики та аварійні режими роботи.

Особливої актуальності дана проблема набуває в умовах нестабільного електропостачання, частих аварійних або планових відключень електроенергії та широкого впровадження резервних джерел живлення, таких як інвертори, акумуляторні батареї та генератори. Неправильний вибір параметрів електрообладнання, недостатня пропускна здатність мережі або помилки при підключенні потужних приладів можуть призвести до пошкодження техніки, скорочення терміну її експлуатації та виникнення пожежонебезпечних ситуацій.

Важливим фактором є також підвищення вимог до енергоефективності та надійності побутових систем електропостачання. Сучасні електронні системи керування побутовою технікою чутливі до перепадів напруги, гармонічних спотворень і короткочасних перебоїв живлення. Тому виникає необхідність дослідження режимів роботи потужних побутових споживачів, оцінки якості електроенергії, аналізу навантаження на мережу та застосування сучасних засобів захисту й автоматизації.

Отже, оцінка забезпечення безаварійної роботи потужних побутових споживачів є важливим і актуальним напрямом досліджень, спрямованим на підвищення безпеки, надійності та ефективності функціонування побутових

електроустановок, а також на забезпечення стабільної роботи електроприладів в умовах зростаючого енергоспоживання.

Тому, оцінка забезпечення безаварійної роботи потужних побутових споживачів є актуальною задачею.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінка забезпечення безаварійної роботи потужних побутових споживачів електроенергії шляхом аналізу режимів їх експлуатації, навантажень на електромережу. У роботі досліджуються причини виникнення аварійних режимів, перевантажень і перебоїв електропостачання, а також розглядаються способи підвищення надійності та безпеки роботи побутових електроустановок із використанням сучасних засобів захисту, резервного живлення та систем контролю електроспоживання.

Завдання:

1. Провести огляд та аналіз основних побутових електроприладів, що використовуються в сучасних житлових приміщеннях, та визначити їх технічні характеристики.
2. Дослідити режими роботи побутових електроприладів і встановити особливості їх електроспоживання в процесі експлуатації.
3. Визначити залежність споживаної потужності бойлера від тривалості циклу нагрівання.
4. Проаналізувати вплив режимів роботи фена на величину споживаної електричної потужності.
5. Дослідити циклічний характер роботи праски та мультипечі під час підтримання заданої температури та оцінити його вплив на енергоспоживання.
6. Встановити особливості електроспоживання електрочайника під час нагрівання води до моменту автоматичного відключення.
7. Проаналізувати зміну навантаження пральної машини на різних етапах виконання програми прання та визначити найбільш енергоємні режими роботи.

8. Оцінити вплив досліджених побутових електроприладів на навантаження побутової електромережі.

9. Сформулювати рекомендації щодо раціонального використання побутових електроприладів з метою підвищення енергоефективності та надійності електропостачання.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Причини виникнення аварійних режимів, перевантажень і перебоїв електропостачання

Аварійні режими, перевантаження та перебої електропостачання є одними з основних проблем під час експлуатації електричних мереж і електроустановок. Їх виникнення може бути зумовлене як внутрішніми технічними несправностями обладнання, так і зовнішніми чинниками природного або техногенного характеру. Такі явища негативно впливають на надійність електропостачання споживачів, якість електричної енергії та безпечність роботи електротехнічних систем.

Однією з найпоширеніших причин аварійних режимів є короткі замикання в електричних мережах [19]. Вони можуть виникати внаслідок пошкодження ізоляції провідників, механічного руйнування кабельних ліній, потрапляння сторонніх предметів на струмопровідні частини, старіння електрообладнання або впливу вологи. Під час короткого замикання струм у колі різко зростає в десятки й навіть сотні разів порівняно з номінальним значенням, що призводить до значних теплових і електродинамічних навантажень на обладнання. Якщо захисні пристрої не спрацювують належним чином, це може викликати руйнування електрообладнання, займання ізоляційних матеріалів та масштабні аварії в електричній мережі.

Важливою причиною виникнення аварійних режимів є перевантаження електричних мереж та електроустановок. Перевантаження виникає тоді, коли фактична потужність підключених електроприймачів перевищує допустиму пропускну здатність кабелів, шинопроводів, трансформаторів або комутаційної апаратури [1, 2, 16]. Така ситуація часто спостерігається під час одночасного використання великої кількості потужних електроприладів, особливо в побутових та виробничих мережах, які не були розраховані на сучасний рівень електроспоживання [3]. Тривале перевантаження викликає нагрівання

провідників і контактних з'єднань, прискорює старіння ізоляції, збільшує втрати електроенергії та підвищує ймовірність виникнення пожежі.

Суттєвим фактором ризику є незадовільний технічний стан електрообладнання. У процесі тривалої експлуатації відбувається природне старіння ізоляції, зношування контактів, корозія металевих елементів та погіршення електричних характеристик обладнання. Особливо небезпечними є ослаблені контактні з'єднання, які створюють підвищений перехідний опір. У таких місцях виділяється значна кількість тепла, що може призвести до локального перегріву, плавлення ізоляції та виникнення електричної дуги.

Частою причиною перебоїв електропостачання є несправності силових трансформаторів [4, 5], розподільчих пристроїв, вимикачів, роз'єднувачів та іншого обладнання підстанцій. Вихід з ладу навіть одного ключового елемента електроенергетичної системи може призвести до відключення значної кількості споживачів. Причинами таких несправностей можуть бути виробничі дефекти, помилки під час монтажу, недостатнє технічне обслуговування або перевищення допустимих режимів роботи.

Значний вплив на надійність електропостачання мають атмосферні та природні явища. Грозові розряди можуть спричиняти імпульсні перенапруги, які пошкоджують ізоляцію обладнання та електронні пристрої. Сильний вітер, буревії, снігопади, ожеледь та обледеніння проводів часто викликають обриви повітряних ліній електропередач, руйнування опор і пошкодження трансформаторних підстанцій [6, 17, 18]. Падіння дерев або гілок на проводи також є поширеною причиною аварійних відключень, особливо в сільській місцевості та лісистих районах.

Окрему групу причин становлять порушення режимів роботи електроенергетичної системи. До них належать перевищення допустимих струмів навантаження, відхилення напруги від нормативних значень, асиметрія фазних навантажень, коливання частоти та виникнення резонансних явищ [1, 6]. Такі процеси можуть негативно впливати на роботу електродвигунів,

трансформаторів, силової електроніки та іншого обладнання, спричиняючи його передчасний вихід з ладу.

Важливою причиною аварій є людський фактор. Помилки під час проєктування, монтажу, налаштування та експлуатації електроустановок можуть призвести до неправильного вибору перерізу провідників, некоректного налаштування захисних пристроїв або порушення правил технічної експлуатації. Недостатня кваліфікація персоналу, недотримання вимог електробезпеки та несвоєчасне проведення профілактичних оглядів значно підвищують ризик виникнення аварійних ситуацій.

У сучасних умовах додатковим фактором є зростання навантаження на електромережі через широке впровадження електротранспорту, систем кондиціонування повітря, теплових насосів, зарядних станцій та інших потужних споживачів. Якщо модернізація мереж відбувається повільніше, ніж збільшується споживання електроенергії, це створює передумови для регулярних перевантажень і погіршення якості електропостачання.

Наслідками аварійних режимів, перевантажень і перебоїв електропостачання є пошкодження електрообладнання, скорочення терміну його служби, виникнення пожежонебезпечних ситуацій, порушення роботи виробничих процесів, зупинка технологічного обладнання та втрата важливих даних у комп'ютерних системах. Для побутових споживачів такі явища можуть призводити до виходу з ладу електронної техніки, холодильного обладнання, систем опалення та зв'язку. У промисловості перебої електропостачання часто супроводжуються значними економічними збитками через простой виробництва та необхідність ремонту обладнання.

Для зменшення ризику виникнення аварійних режимів необхідно забезпечувати регулярне технічне обслуговування електроустановок, проводити діагностику стану ізоляції та контактних з'єднань, правильно розраховувати навантаження [5, 7], використовувати сучасні пристрої захисту від перевантажень, коротких замикань і перенапруг, а також впроваджувати системи

резервного електроживлення. Важливу роль відіграють автоматизовані системи моніторингу та контролю параметрів електромережі, які дозволяють своєчасно виявляти потенційно небезпечні режими роботи та запобігати розвитку аварійних ситуацій.

1.2 Способи підвищення надійності та безпеки роботи побутових електроустановок із використанням сучасних засобів захисту, резервного живлення та систем контролю електроспоживання

Підвищення надійності та безпеки роботи побутових електроустановок є важливим завданням в умовах зростання кількості електроприладів та збільшення навантаження на внутрішні електричні мережі житлових будинків. Одним із найефективніших способів забезпечення безпечної експлуатації електроустановок є застосування сучасних засобів електричного захисту. До них належать автоматичні вимикачі, які захищають мережу від перевантажень та коротких замикань, пристрої захисного вимкнення (ПЗВ), що забезпечують захист людини від ураження електричним струмом, а також диференційні автоматичні вимикачі, які поєднують функції автоматичного вимикача та ПЗВ. Додатково для захисту електронної техніки від перенапруг використовують пристрої захисту від імпульсних перенапруг (ПЗІП), які запобігають пошкодженню обладнання під час грозових явищ або комутаційних процесів у мережі.

Важливим напрямом підвищення надійності електропостачання є використання резервних джерел живлення. Найбільш поширеними серед них є джерела безперебійного живлення (UPS), акумуляторні батареї, зарядні станції та автономні генератори. Джерела безперебійного живлення дозволяють забезпечити безперервну роботу комп'ютерної техніки, систем зв'язку, охоронних систем та іншого критично важливого обладнання під час короткочасних перебоїв електропостачання. Зарядні станції та акумуляторні

системи накопичення енергії забезпечують живлення побутових приладів протягом тривалого часу, а також можуть інтегруватися з відновлюваними джерелами енергії, зокрема сонячними електростанціями [8, 9]. Використання літій-залізо-фосфатних акумуляторів дозволяє підвищити ресурс систем резервного живлення, забезпечити високу безпеку експлуатації та зменшити ризик виникнення пожежонебезпечних ситуацій [10].

Суттєву роль у підвищенні ефективності роботи побутових електроустановок відіграють сучасні системи контролю та моніторингу електроспоживання. Такі системи дозволяють у режимі реального часу відстежувати споживання електричної енергії окремими приладами та всією електроустановкою загалом. Використання інтелектуальних лічильників, енергомоніторів та систем «розумного будинку» дає можливість оперативно виявляти перевантаження, нераціональне використання електроенергії, несправності обладнання та відхилення параметрів мережі від нормативних значень. Завдяки автоматизованому збору та аналізу даних користувач може оптимізувати режим роботи електроприладів, зменшити витрати електроенергії та підвищити загальну енергоефективність житла.

Додатковим способом підвищення надійності є впровадження систем автоматичного керування навантаженням. Такі системи здатні автоматично відключати другорядних споживачів у разі дефіциту потужності або переходу на резервне живлення, забезпечуючи безперебійну роботу найбільш важливих приладів. Це особливо актуально при використанні автономних джерел живлення з обмеженою потужністю. Крім того, сучасні контролери можуть здійснювати автоматичний запуск резервних джерел живлення та керувати процесами заряджання і розряджання акумуляторних батарей.

Важливим заходом забезпечення безпеки є регулярне технічне обслуговування електроустановок. Воно включає перевірку стану електропроводки, контактних з'єднань, захисних апаратів, заземлення та резервних джерел живлення. Своєчасне виявлення пошкоджень ізоляції,

ослаблених контактів і перегрітих елементів дозволяє запобігти виникненню аварійних режимів, пожеж та виходу обладнання з ладу.

Отже, комплексне застосування сучасних засобів електричного захисту, резервних систем живлення, інтелектуальних систем моніторингу та автоматизованого керування навантаженням дозволяє суттєво підвищити надійність, безпеку та енергоефективність побутових електроустановок, забезпечити безперервне електропостачання відповідальних споживачів і знизити ризик виникнення аварійних ситуацій [1, 6].

1.3 Черга відключення від АТ «Тернопільобленерго»

7 лютого 2026 року Росія здійснила один із найбільш масштабних комбінованих ударів по енергетичній інфраструктурі України за зимовий період 2025–2026 років. Основною ціллю атаки стали об'єкти генерації електроенергії, магістральні підстанції та високовольтні лінії електропередачі. За повідомленнями української влади, під час атаки було застосовано понад 400 ударних безпілотників та близько 40 ракет різних типів [11]. Основний удар був спрямований на енергомережу, об'єкти генерації та розподільчі підстанції [12].

Під обстріл потрапили підстанції напругою 750 кВ та 330 кВ, які є ключовими елементами Об'єднаної енергетичної системи України. Також були атаковані теплові електростанції, зокрема Бурштинська [13] та Добротвірська ТЕС [12]. Унаслідок пошкоджень енергетичного обладнання виникли значні обмеження у передачі електроенергії між регіонами країни. Для забезпечення стійкості енергосистеми оператором системи передачі були введені аварійні графіки відключень електроенергії в багатьох областях України [14].

Через пошкодження енергетичної інфраструктури були зафіксовані перебої в електропостачанні, роботі систем тепlopостачання та водопостачання. Особливо складною ситуація була в західних областях України [15], де зафіксовано пошкодження енергетичних об'єктів у Волинській, Львівській, Івано-

Франківській та Рівненській областях. Частина споживачів залишилася без електроенергії на тривалий час, а для стабілізації роботи енергосистеми Україна була змушена залучати аварійну допомогу з енергосистеми Польщі.

Атака 7 лютого продемонструвала, що російська стратегія продовжує бути спрямованою на виведення з ладу критично важливих елементів енергетичної інфраструктури України, особливо в зимовий період, коли навантаження на енергосистему є максимальним. За оцінками міжнародних організацій, систематичні удари по енергетичних об'єктах у січні–лютому 2026 року призвели до масштабних відключень електроенергії, тепла та води, що суттєво вплинуло на умови життя мільйонів громадян України.

З технічної точки зору, удар 7 лютого 2026 року підтвердив вразливість великих вузлових підстанцій та об'єктів генерації до масованих комбінованих атак із використанням ракетного озброєння та безпілотних літальних апаратів. Подія також підкреслила необхідність подальшого розвитку систем протиповітряної оборони, резервних джерел живлення, пасивного захисту підстанцій, розосередження енергетичних потужностей та впровадження сучасних технологій підвищення стійкості електроенергетичних систем в умовах воєнних загроз.

Відключення електроенергії стали нести масовий характер. Для відслідковування графіків відключення від Тернопільобленерго зручно користуватися додатком e-Тернопіль (рис. 1.1) [8].

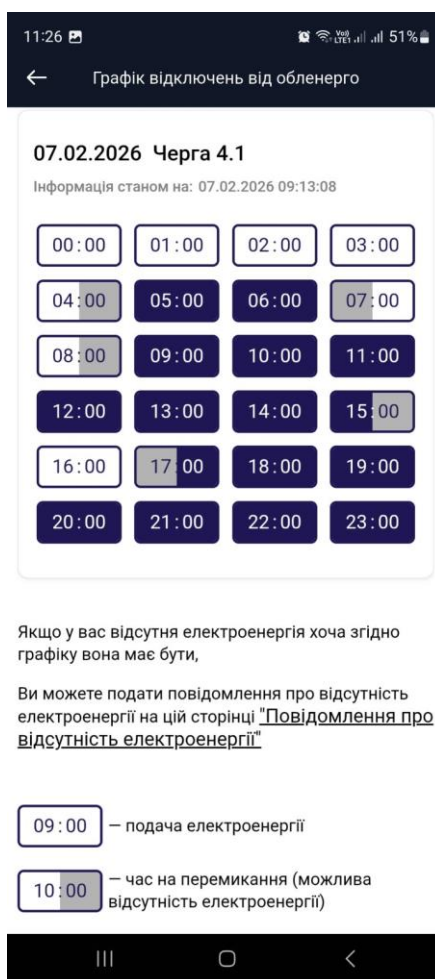


Рисунок 1.1 – Графік відключення від Тернопільобленерго

З рисунку 1.1 можна зробити висновок, що відключення тривають практично протягом цілої доби.

1.4 Першочергові і другочергові побутові прилади

Після відновлення електропостачання в житлових будинках та квартирах особливо важливим є раціональний розподіл електричних навантажень. Під час аварійного відключення електроенергії значна кількість побутових приладів одночасно припиняє роботу, а після появи напруги багато з них автоматично вмикаються або переходять у режим заряджання. Це може спричинити значні пускові струми, короточасне перевантаження внутрішньобудинкових мереж, спрацювання захисної апаратури та додаткове навантаження на енергосистему.

Тому електроприймачі доцільно поділяти на першочергові та другочергові залежно від їх важливості для забезпечення комфортних і безпечних умов проживання.

Першочергові побутові прилади – це електроприймачі, які повинні отримувати живлення відразу після відновлення електропостачання, оскільки їхня робота пов'язана із забезпеченням безпеки людей, збереженням продуктів харчування, підтриманням зв'язку та нормальних умов проживання. До цієї категорії належать холодильники та морозильні камери, які підтримують необхідний температурний режим для зберігання продуктів. Тривале відключення таких приладів може призвести до псування продуктів і матеріальних збитків. Також до першочергових споживачів належать освітлювальні прилади основних приміщень, що забезпечують безпечне пересування людей у темний час доби та можливість виконання повсякденних побутових завдань.

Важливе значення мають засоби зв'язку та інформаційні системи, зокрема Wi-Fi роутери, модеми, смартфони, планшети та зарядні пристрої для них. У сучасних умовах доступ до мережі Інтернет та мобільного зв'язку є необхідним для отримання інформації, дистанційної роботи, навчання та оперативного реагування на надзвичайні ситуації. Тому забезпечення їхнього живлення після відновлення електропостачання є одним із пріоритетних завдань.

До першочергових навантажень також належать системи опалення та водопостачання. Більшість сучасних газових котлів потребують електроживлення для роботи електронних блоків керування, насосів та систем безпеки. У холодний період року їхня робота є критично важливою для підтримання комфортної температури в приміщеннях та запобігання замерзанню системи опалення. Аналогічно циркуляційні насоси, насоси водопостачання та обладнання автономних свердловин повинні отримувати живлення одними з перших після відновлення напруги.

Окрему групу першочергових електроприймачів становлять системи безпеки: охоронна сигналізація, пожежна сигналізація, системи відеоспостереження, електронні замки та інші пристрої, що забезпечують захист майна та безпеку мешканців. У деяких випадках до цієї категорії також належать медичні прилади, які використовуються для підтримання здоров'я людини та потребують безперервного електроживлення.

Другочергові побутові прилади – це обладнання, роботу якого можна тимчасово відкласти без суттєвого впливу на безпеку та комфорт користувачів. До цієї групи відносяться пральні машини, посудомийні машини, сушильні автомати, пилососи, праски, кухонні комбайни та інша побутова техніка періодичної дії. Їх використання зазвичай можна перенести на більш пізній час після стабілізації роботи електромережі.

Значну частину другочергових навантажень становлять потужні нагрівальні прилади. До них належать електрочайники, електричні духовки, електроплити, бойлери, електричні обігрівачі та тепловентилятори. Такі пристрої характеризуються високою споживаною потужністю, яка може досягати від 1 до 3 кВт і більше. Одночасне ввімкнення кількох таких електроприймачів після появи напруги може викликати значне перевантаження мережі та перевищення допустимої потужності резервного джерела живлення.

До другочергових приладів також відносяться кондиціонери, зарядні станції великої потужності, електроінструмент, ігрові комп'ютери, мультимедійні системи та інше обладнання, яке не є критично важливим для функціонування житла. Особливої уваги потребують зарядні станції та акумуляторні системи, оскільки після тривалого відключення вони можуть починати заряджання з максимальною потужністю, створюючи значне додаткове навантаження на мережу [8].

У сучасних умовах використання резервних джерел живлення, таких як гібридні інвертори, акумуляторні батареї та генератори, поділ електроприймачів на першочергові та другочергові є важливим елементом енергоменеджменту.

Першочергові споживачі зазвичай підключаються до окремої резервної лінії живлення, яка забезпечується електроенергією навіть під час аварійних відключень. Другочергові навантаження підключаються лише після відновлення нормального режиму роботи мережі та за наявності достатнього резерву потужності.

Отже, правильне визначення пріоритетності побутових електроприймачів після відновлення електропостачання дозволяє забезпечити надійну роботу найважливіших систем життєзабезпечення, зменшити ризик перевантаження електромережі, підвищити ефективність використання резервних джерел енергії та покращити загальну енергетичну безпеку житлового об'єкта. Для сучасних будинків і квартир такий підхід є особливо актуальним в умовах нестабільного електропостачання та широкого впровадження автономних систем резервного живлення.

1.5 Класифікація побутових споживачів за потужністю споживання

Побутові електроприймачі можна класифікувати за величиною споживаної потужності, що дозволяє оцінити навантаження на внутрішню електромережу будинку чи квартири, правильно підібрати захисну апаратуру та забезпечити надійну роботу системи електропостачання [3]. Залежно від номінальної потужності всі побутові споживачі умовно поділяють на малопотужні, середньої потужності та високопотужні електроприлади [3].

Малопотужні споживачі характеризуються споживаною потужністю до 400 Вт. До цієї групи належать світлодіодні лампи, маршрутизатори, зарядні пристрої для смартфонів і планшетів, телевізійні приставки, ноутбуки, радіоприймачі, електронні годинники та інші пристрої малої потужності. Такі прилади створюють незначне навантаження на електромережу та можуть працювати тривалий час без суттєвого впливу на загальне електроспоживання.

Середньо-потужні споживачі мають потужність від 500 до 1500 Вт. До них належать холодильники, пральні машини, посудомийні машини, мікрохвильові печі, телевізори великої діагоналі, персональні комп'ютери, пилососи, кондиціонери невеликої потужності та більшість кухонних електроприладів. Ця група формує основну частину побутового навантаження та суттєво впливає на добовий графік споживання електроенергії.

Потужні споживачі характеризуються потужністю понад 1500 Вт. До них відносяться електричні плити, духові шафи, електрокотли, проточні водонагрівачі, електричні бойлери великої потужності, електричні тепловентилятори, електрокаміни, зарядні станції для електромобілів та інші енергоємні пристрої. Під час роботи такі споживачі створюють значні струмові навантаження, тому для їх підключення часто передбачають окремі електричні лінії та індивідуальні автоматичні вимикачі.

З точки зору експлуатації побутової електромережі особливу увагу слід приділяти одночасній роботі кількох потужних електроприладів. Наприклад, одночасне ввімкнення електроплити, електрочайника, бойлера та пральної машини може призвести до перевантаження мережі, спрацювання захисних пристроїв або надмірного нагрівання проводів. Тому під час проектування та експлуатації побутових електроустановок необхідно враховувати сумарну встановлену потужність споживачів і коефіцієнт одночасності їх роботи.

Така класифікація дає можливість раціонально організувати електроспоживання, забезпечити безпечну експлуатацію електроустановок, підвищити енергоефективність житла та зменшити ризик виникнення аварійних режимів у системі електропостачання.

На рисунку 1.2 показано паспортну потужність побутових споживачів середньої потужності [3].

На рисунку 1.3 показано паспортну потужність побутових споживачів високої потужності [3].

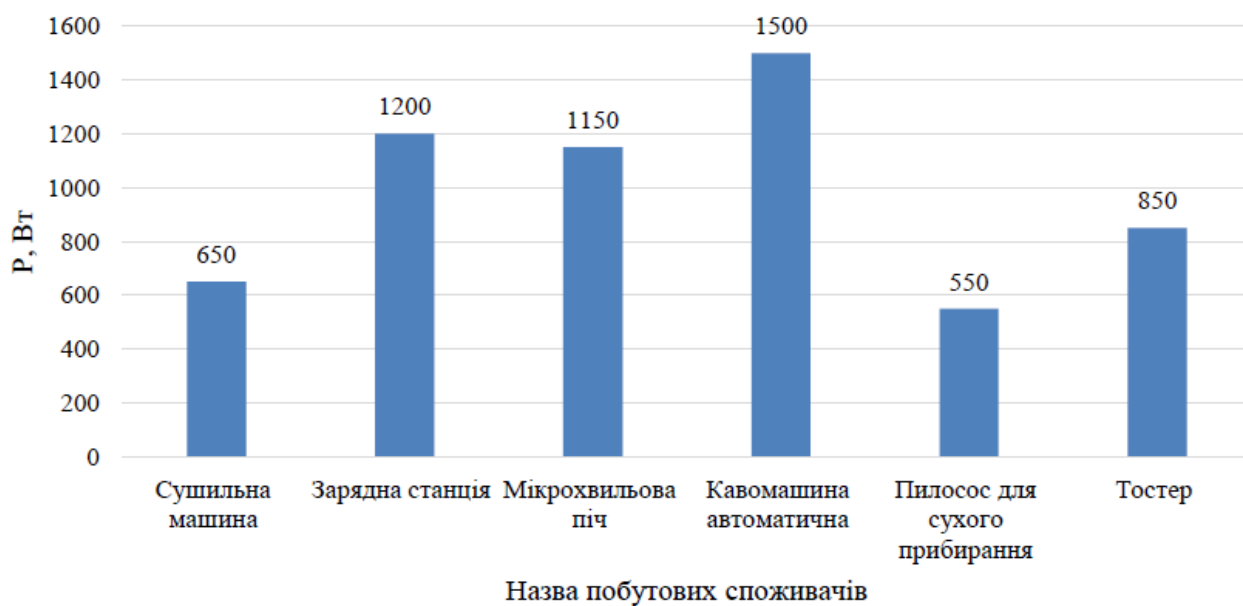


Рисунок 1.2 - Паспортна потужність побутових споживачів середньої потужності

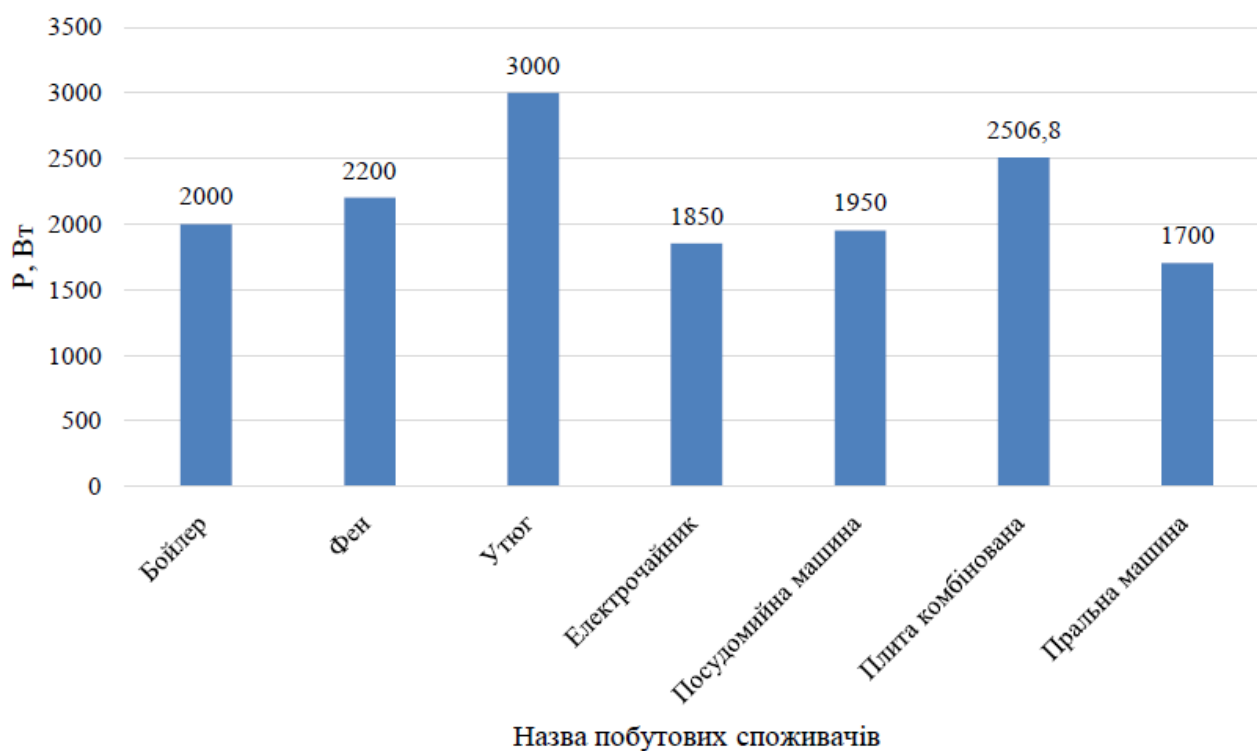


Рисунок 1.3 - Паспортна потужність побутових споживачів високої потужності

1.6 Постановка завдань

1. Провести огляд та аналіз основних побутових електроприладів, що використовуються в сучасних житлових приміщеннях, та визначити їх технічні характеристики.
2. Дослідити режими роботи побутових електроприладів і встановити особливості їх електроспоживання в процесі експлуатації.
3. Визначити залежність споживаної потужності бойлера від тривалості циклу нагрівання.
4. Проаналізувати вплив режимів роботи фена на величину споживаної електричної потужності.
5. Дослідити циклічний характер роботи праски та мультипечі під час підтримання заданої температури та оцінити його вплив на енергоспоживання.
6. Встановити особливості електроспоживання електрочайника під час нагрівання води до моменту автоматичного відключення.
7. Проаналізувати зміну навантаження пральної машини на різних етапах виконання програми прання та визначити найбільш енергоємні режими роботи.
8. Оцінити вплив досліджених побутових електроприладів на навантаження побутової електромережі.
9. Сформулювати рекомендації щодо раціонального використання побутових електроприладів з метою підвищення енергоефективності та надійності електропостачання.

2 РОЗРАХУНОК РОЗДІЛ

2.1 Огляд побутових приладів для дослідження циклів їх роботи.

2.1.1 Бойлер Thermex IF 80V

Бойлер Thermex IF 80V являється побутовим електричним водонагрівачем накопичувального типу, що використовується для забезпечення споживачів гарячою водою через перетворення електричної енергії у теплову. Із енергетичної точки зору даний прилад відноситься до потужних однофазних побутових електричних приймачів та створює значне навантаження на внутрішньобудинкову електричну мережу. Номінальна потужність бойлера складає близько 2 кВт, що при напрузі електричної мережі 230 В відповідає робочому струму приблизно 9,1 А. Нагрівання води здійснюється з допомогою трубчастих електронагрівальних елементів (ТЕНів), керування роботою яких забезпечується електронною системою і терморегулятором.

Енергоспоживання бойлера залежить від об'єму спожитої гарячої води, початкової температури води в водопроводі і встановленої температури нагрівання. Для нагрівання повного об'єму бака 80 л від температури 15 °С до 65 °С необхідно приблизно 4,5–5 кВт·год електроенергії. В режимі підтримання температури споживання значно менше та визначається тепловими втратами через стінки бака і якістю теплоізоляції.

Із точки зору режимів навантаження електромережі бойлер характеризується тривалим рівномірним споживанням потужності без значних пускових струмів, так як нагрівальні елементи мають переважно активний характер навантаження. Коефіцієнт потужності такого електроприймача близький до одиниці, це сприяє ефективному використанню електроенергії і мінімізує споживання реактивної потужності.

Для безпечної експлуатації бойлера рекомендується підключення через окрему електричну лінію із автоматичним вимикачем номіналом 10–16 А та пристроєм захисного відключення (ПЗВ) на струм витоку 30 мА. При

використанні резервних джерел живлення, таких як інвертори чи зарядні станції, потрібно враховувати відносно високу потужність навантаження і значну добову потребу у електроенергії. Для прикладу, при роботі від акумуляторної системи ємністю 5 кВт·год повний цикл нагрівання води може спожити практично увесь запас накопиченої енергії.

В сучасних системах керування електроспоживанням бойлер Thermex IF 80V може використовуватися як кероване навантаження, яке вмикається у періоди мінімального тарифу чи під час надлишкової генерації електричної енергії від сонячної електростанції (СЕС). Це дає змогу підвищити енергоефективність домогосподарства, зменшити навантаження на електричну мережу у години пікового споживання і більш раціонально використовувати вироблену електричну енергію.

На рисунку 2.1 показано загальний вигляд бойлера Thermex IF 80V [20].



Рисунок 2.1 - Загальний вигляд бойлера Thermex IF 80V

2.1.2 Фен Ideenwelt RCU-191i

Фен Ideenwelt RCU-191i є побутовим електротепловим приладом, призначеним для сушіння та укладання волосся шляхом перетворення електричної енергії у теплову та механічну енергію повітряного потоку. З енергетичної точки зору він належить до короткочасних потужних однофазних електроприймачів із активним характером навантаження. Номінальна потужність пристрою становить близько 2200 Вт, що при напрузі мережі 230 В відповідає робочому струму приблизно 10 А.

Основними елементами споживання електроенергії є нагрівальна спіраль та електродвигун вентилятора. Більша частина споживаної потужності витрачається саме на нагрівання повітря, тоді як двигун вентилятора споживає відносно незначну частину енергії. Завдяки цьому коефіцієнт потужності фена є достатньо високим, а навантаження для побутової мережі має переважно активний характер.

Модель RCU-191i оснащена декількома режимами температури та швидкості повітряного потоку, що дозволяє регулювати споживання електроенергії залежно від режиму роботи. При використанні максимального нагріву потужність наближається до номінального значення 2200 Вт, а при знижених режимах споживання зменшується за рахунок часткового відключення нагрівальних елементів. Також передбачена функція холодного обдуву, при якій значна частина теплового навантаження відключається і енергоспоживання знижується.

Для електромережі фен є приладом із високою миттєвою потужністю, але відносно невеликою тривалістю роботи. Наприклад, при роботі протягом 10 хвилин на максимальній потужності 2200 Вт буде спожито приблизно:

$$W=2.2 \cdot 10 / 60 \approx 0.37 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тобто за один цикл сушіння волосся витрачається близько 0,35–0,40 кВт·год електроенергії. Для порівняння, це приблизно у 10–12 разів менше, ніж повний цикл нагрівання 80-літрового бойлера.

З точки зору електробезпеки фен належить до приладів підвищеної небезпеки через експлуатацію у вологих приміщеннях. Тому важливими є

наявність подвійного захисту від перегріву, справного заземлення електромережі та використання пристроїв захисного відключення (ПЗВ). Також модель оснащується системою захисту від перегріву, яка автоматично вимикає нагрівальний елемент у разі перекриття повітряного потоку або надмірного підвищення температури.

При використанні резервних джерел живлення — інверторів, зарядних станцій або автономних акумуляторних систем — необхідно враховувати високу миттєву потужність фена. Для стабільної роботи джерело резервного живлення повинно забезпечувати безперервну потужність не менше 2,2–2,5 кВт із достатнім запасом по струму.

На рисунку 2.2 показано загальний вигляд фену Ideenwelt RCU-191I [21].



Рисунок 2.2 - Загальний вигляд фену Ideenwelt RCU-191I.

2.1.3 Праска TEFAL Puregliss FV8064E0

Праска Tefal Puregliss FV8064E0 є побутовим електротепловим приладом, який призначений для прасування тканин шляхом поєднання теплового впливу нагрітої подошви та подачі водяної пари. З енергетичної точки зору вона належить до потужних однофазних побутових електроприймачів із переважно активним характером навантаження. Номінальна потужність пристрою становить 2520–3000 Вт, що при напрузі мережі 230 В відповідає робочому струму приблизно 13 А.

Основним споживачем електроенергії в прасці є трубчастий нагрівальний елемент, який забезпечує швидке нагрівання подошви до робочої температури. Додатково частина енергії використовується для утворення водяної пари. Завдяки високій потужності 3000 Вт нагрівання відбувається за короткий час, що зменшує тривалість виходу пристрою на робочий режим та підвищує ефективність використання електроенергії.

Праска забезпечує постійну подачу пари до 50 г/хв та паровий удар до 280 г/хв, що дозволяє ефективно розгладжувати щільні тканини та складні складки. Під час роботи в режимі інтенсивного пароутворення споживання електроенергії є максимальним, оскільки нагрівальний елемент повинен одночасно підтримувати температуру подошви та забезпечувати генерацію пари.

Для побутової електромережі праска створює значне навантаження через високу миттєву потужність, однак тривалість роботи зазвичай є відносно невеликою. Наприклад, при роботі протягом 30 хвилин на максимальній потужності 3000 Вт споживання електроенергії становитиме приблизно:

$$W=3.0 \cdot 0.5=1.5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Тобто за пів години інтенсивного прасування може бути використано близько 1,5 кВт·год електроенергії. Реальне споживання зазвичай менше, оскільки терморегулятор періодично відключає нагрівальний елемент після досягнення встановленої температури.

Важливою особливістю моделі є система автоматичного відключення, яка переводить праску у безпечний режим при відсутності руху: приблизно через 30

секунд у горизонтальному положенні та через 8 хвилин у вертикальному. Це дозволяє не лише підвищити пожежну безпеку, але й зменшити непродуктивне споживання електроенергії.

Для надійної роботи рекомендується підключення до справної електромережі із захисним автоматичним вимикачем та заземленням. Через потужність до 3 кВт небажано одночасно використовувати праску разом із іншими потужними електроприладами на одній лінії живлення, такими як електрочайники, бойлери або обігрівачі, оскільки це може спричинити перевантаження електропроводки.

При використанні резервних джерел живлення — інверторів, зарядних станцій або акумуляторних систем — необхідно враховувати значну потужність навантаження. Для стабільної роботи праски інвертор повинен забезпечувати безперервну потужність не менше 3–3,5 кВт із достатнім запасом по пускових та робочих струмах.

На рисунку 2.3 показано загальний вигляд праски Tefal Puregliss FV8064E0 [22].



Рисунок 2.3 - Загальний вигляд праски Tefal Puregliss FV8064E0.

2.1.4 Електрочайник GORENJE K 17 FEII

Електрочайник Gorenje K17FEII є побутовим електротепловим приладом, призначеним для швидкого нагрівання та кип'ятіння води шляхом прямого перетворення електричної енергії у теплову. З енергетичної точки зору він належить до потужних однофазних побутових електроприймачів короткочасної дії з переважно активним характером навантаження. Номінальна потужність приладу становить 2200 Вт при напрузі живлення 230 В, що відповідає робочому струму близько 10 А. Об'єм чайника складає 1,7 л, що дозволяє забезпечити гарячою водою декількох споживачів за один цикл нагрівання.

Основним елементом споживання електроенергії є дисковий нагрівальний елемент закритого типу, який безпосередньо передає тепло воді через металеве дно резервуара. Завдяки прихованому нагрівачу покращується теплопередача, зменшується утворення накипу на поверхні ТЕНа та підвищується енергоефективність роботи пристрою. Коефіцієнт корисної дії електрочайників є досить високим, оскільки більша частина спожитої електроенергії переходить у теплову енергію води.

Для нагрівання повного об'єму води 1,7 л від температури 20 °С до температури кипіння необхідна теплова енергія приблизно:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = 1,7 \cdot 4,19 \cdot 80 \approx 570 \text{ кДж.}$$

З урахуванням коефіцієнта корисної дії реальне споживання електроенергії на один цикл кип'ятіння становить близько 0,11–0,14 кВт·год. Це означає, що навіть при декількох циклах роботи протягом дня загальне добове споживання електроенергії залишається відносно невеликим порівняно з бойлерами, електрообігрівачами або прасками.

Характерною особливістю електрочайника є велика миттєва потужність та коротка тривалість роботи. Прилад працює зазвичай 3–5 хвилин до моменту закипання води, після чого автоматично вимикається. Тому він створює короткочасне, але достатньо значне навантаження на побутову електромережу. При одночасному використанні чайника разом із іншими потужними електроприладами — бойлером, праскою, феном або електрообігрівачем —

можливе перевантаження окремих електричних ліній та спрацювання автоматичних вимикачів.

Модель Gorenje K17FEII обладнана системою автоматичного відключення після закипання води, захистом від перегріву та блокуванням роботи без води. Такі функції підвищують рівень електричної та пожежної безпеки, а також запобігають непродуктивному споживанню електроенергії. Корпус із нержавіючої сталі забезпечує добру механічну міцність і стійкість до тривалої експлуатації.

При використанні автономних систем електроживлення необхідно враховувати високу миттєву потужність чайника. Для його стабільної роботи інвертор або зарядна станція повинні забезпечувати безперервну потужність не менше 2,2–2,5 кВт. Наприклад, кип'ятіння повного об'єму води споживатиме приблизно 0,12 кВт·год електроенергії, тому навіть невеликі акумуляторні системи можуть забезпечити декілька циклів роботи чайника, однак значний струм навантаження створює підвищені вимоги до інвертора та акумуляторної батареї.

На рисунку 2.4 показано загальний вигляд електрочайника Gorenje K17FEII [23].



Рисунок 2.4 - Загальний вигляд електрочайника Gorenje K17FEII.

2.1.5 Пральна машина LG F10B8ND5

Пральна машина LG F10B8ND5 є сучасним побутовим електромеханічним пристроєм, призначеним для автоматизованого прання текстильних виробів із використанням електричної енергії, води та миючих засобів. З енергетичної точки зору вона належить до електроприймачів змінного навантаження, оскільки рівень споживання потужності суттєво залежить від етапу виконання програми прання. Основними споживачами електроенергії є інверторний електродвигун прямого приводу Direct Drive, нагрівальний елемент для підігріву води, насос системи водовідведення та електронний модуль керування.

Модель оснащена інверторним двигуном із прямим приводом Inverter Direct Drive, у якому відсутні ремінна передача та щітковий механізм. Завдяки цьому зменшуються механічні втрати енергії, підвищується коефіцієнт корисної дії приводу та знижується рівень шуму й вібрації під час роботи. Така конструкція також забезпечує більш точне керування швидкістю обертання барабана та дозволяє реалізувати технологію 6 Motion™, яка використовує різні алгоритми руху барабана залежно від типу тканини.

Максимальне завантаження пральної машини становить 6 кг, а швидкість віджиму досягає 1000 об/хв. Клас енергоефективності A+++ свідчить про знижене споживання електроенергії порівняно з попередніми поколіннями пральних машин. Найбільше навантаження на електромережу виникає під час роботи нагрівального елемента, коли відбувається підігрів води до встановленої температури. У цей момент потужність може досягати приблизно 1,8–2,0 кВт. Під час обертання барабана та віджимання споживання є значно меншим і визначається переважно роботою електродвигуна.

Загальне споживання електроенергії за один цикл прання залежить від температурного режиму, маси завантаження та вибраної програми. Для стандартного циклу прання при температурі 40–60 °C витрати електроенергії зазвичай становлять приблизно 0,7–1,2 кВт·год. Якщо використовується високотемпературне прання з нагріванням води до 90 °C, споживання може бути суттєво більшим через тривалу роботу ТЕНа.

Важливою перевагою моделі є система захисту від перепадів напруги, яка забезпечує стабільну роботу при коливаннях мережевої напруги в межах від 174 до 400 В. Це особливо актуально для побутових електромереж із нестабільними параметрами електроживлення. Також передбачена функція Smart Diagnosis™, яка дозволяє виконувати діагностику несправностей через смартфон та прискорює обслуговування обладнання.

Для безпечної експлуатації пральну машину рекомендується підключати до окремої електричної лінії із заземленням, автоматичним вимикачем та пристроєм захисного відключення (ПЗВ). Через наявність нагрівального елемента та роботу у вологому середовищі вимоги до електробезпеки є особливо важливими.

При використанні резервних джерел живлення — інверторів, зарядних станцій або акумуляторних систем — необхідно враховувати потужність нагрівального елемента. Для повноцінної роботи пральної машини бажано використовувати інвертор із безперервною потужністю не менше 2–2,5 кВт. Якщо система резервного живлення має обмежений запас енергії, доцільно використовувати програми прання без нагрівання води або з мінімальним температурним режимом, що дозволяє суттєво знизити навантаження на акумуляторну батарею.

На рисунку 2.5 показано загальний вигляд пральної машини LG F10B8ND5 [24].



Рисунок 2.5 - Загальний вигляд пральної машини LG F10B8ND5.

2.1.6 Мультиварка-скороварка PHILIPS HD2151/40

Мультиварка-скороварка PHILIPS HD2151/40 є багатофункціональним побутовим електротепловим приладом, який поєднує функції скороварки, мультиварки, пароварки та пристрою для підтримання температури готових страв. З енергетичної точки зору вона належить до побутових електроприймачів середньої потужності з активним характером навантаження. Номінальна потужність приладу становить 1000 Вт при напрузі живлення 230 В, що відповідає робочому струму близько 4,5 А.

Основним споживачем електроенергії є нагрівальний елемент, розташований під чашею для приготування їжі. Електрична енергія перетворюється на теплову, яка використовується для нагрівання продуктів, води та створення необхідного тиску в режимі скороварки. Завдяки герметичній конструкції та роботі під підвищеним тиском значно зменшуються теплові втрати, що підвищує енергоефективність процесу приготування страв порівняно зі звичайними електроплитами або варильними поверхнями.

Модель HD2151/40 підтримує понад 30 автоматичних програм приготування, включаючи варіння під тиском, тушкування, повільне приготування, приготування на парі та обсмажування. Завдяки автоматичному регулюванню температури й тиску забезпечується раціональне використання електричної енергії та скорочення часу приготування. Технологія швидкого автоматичного скидання тиску дозволяє завершувати цикл приготування швидше, ніж при використанні традиційних способів готування.

Споживання електроенергії залежить від вибраного режиму роботи та тривалості приготування.

Наприклад, при роботі мультиварки протягом однієї години на номінальній потужності 1000 Вт споживання становитиме близько 1 кВт·год. Реальне енергоспоживання зазвичай менше, оскільки після досягнення необхідної температури електронна система керування періодично вимикає нагрівальний елемент та переходить у режим підтримання тепла.

Важливою перевагою приладу є наявність багаторівневої системи безпеки. Конструкція оснащена численними системами захисту від перегріву, надлишкового тиску та помилок експлуатації, що підвищує надійність роботи та безпеку користувача.

Для живлення від резервних джерел електроенергії — інверторів, зарядних станцій або акумуляторних систем — мультиварка є відносно сприятливим навантаженням. Для її стабільної роботи достатньо інвертора потужністю 1,2–1,5 кВт. Наприклад, акумуляторна система із запасом енергії 2 кВт·год може забезпечити декілька циклів приготування їжі без підключення до централізованої електромережі, що робить пристрій придатним для використання в умовах аварійних відключень електроенергії.

На рисунку 2.6 показано загальний вигляд мультиварки-скороварки PHILIPS HD2151/40 [25].



Рисунок 2.6 - Загальний вигляд мультиварки-скороварки PHILIPS HD2151/40.

2.1.7 Мультипіч Philips NA351/00

Мультипіч Philips NA351/00 є потужним побутовим електроприймачем теплової дії, який перетворює електричну енергію в теплову для приготування їжі. Живлення пристрою здійснюється від однофазної мережі змінного струму напругою 220–240 В та частотою 50 Гц. Номінальна потужність мультипечі становить близько 2750 Вт, що відповідає робочому струму приблизно 12–13 А. Такий рівень споживання робить прилад одним із найбільш енергоємних побутових споживачів електроенергії, подібно до електрочайників, прасок та електричних обігрівачів.

Основними електричними елементами мультипечі є трубчастий електронагрівальний елемент (ТЕН), електродвигун вентилятора, електронний блок керування, датчики температури та силові комутаційні елементи. Після подачі напруги електричний струм проходить через нагрівальний елемент, у якому відповідно до закону Джоуля–Ленца відбувається виділення теплової енергії.

Електронна система керування постійно контролює температуру всередині робочих камер за допомогою термодатчиків. При досягненні встановленої температури блок керування автоматично відключає або зменшує потужність нагрівального елемента, а після охолодження знову його вмикає. Такий циклічний режим роботи дозволяє підтримувати необхідну температуру та зменшувати середнє споживання електроенергії.

Під час роботи мультипіч навантажує побутову електромережу струмом близько 12 А. Тому для її безпечного підключення рекомендується використовувати справну розетку із заземлювальним контактом та електропроводку, розраховану на струм не менше 16 А.

З точки зору якості електроенергії мультипіч належить до переважно активного навантаження, оскільки основним споживачем є резистивний нагрівальний елемент. Коефіцієнт потужності такого навантаження близький до одиниці, що означає незначне споживання реактивної потужності та ефективне використання електричної енергії. Наявність електронної системи керування та

імпульсних джерел живлення може створювати незначні гармонічні спотворення струму, однак їх вплив на побутову мережу є мінімальним.

Для забезпечення електробезпеки прилад оснащений системою захисту від перегрівання, датчиками контролю температури, автоматичним вимкненням після завершення програми та захистом електронних компонентів від аварійних режимів роботи. Корпус має подвійне ізолювання струмоведучих частин, а металева конструкція внутрішніх елементів відокремлена від користувача тепло- та електроізоляційними матеріалами.

Мультипіч є короткочасним, але потужним електроспоживачем. За умови роботи на максимальній потужності протягом однієї години споживання електроенергії становитиме приблизно 2,75 кВт·год. Проте фактичне споживання зазвичай є меншим через періодичне відключення нагрівальних елементів після досягнення заданої температури. Завдяки високій швидкості нагріву та ефективному використанню теплової енергії мультипіч забезпечує менші витрати електроенергії порівняно з традиційними електричними духовками при приготуванні аналогічних страв. Таким чином, Philips NA351/00 є сучасним електротехнічним пристроєм з високою ефективністю перетворення електричної енергії в теплову та раціональним режимом електроспоживання.

На рисунку 2.7 показано загальний вигляд мультипечі Philips NA351/00 [26].



Рисунок 2.7 - Загальний вигляд мультипечі Philips NA351/00.

2.2 Висновки до Розділу 2

Проведено огляд та аналіз побутових електроприладів, які використовуються для дослідження циклів роботи та особливостей електроспоживання. Розглянуто основні технічні характеристики бойлера, фена, праски, електрочайника, пральної машини, мультиварки-скороварки та мультиварки. Встановлено, що найбільше навантаження на побутову електромережу створюють електротеплові прилади, потужність яких становить від 2 до 3 кВт, тоді як пральна машина характеризується змінним режимом споживання залежно від етапу виконання програми. Отримані дані можуть бути використані для подальшої оцінки енергоспоживання та дослідження роботи електроприладів в умовах основного електроживлення.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Дослідження роботи побутових приладів в часі.

3.1.1 Бойлер

В таблиці 3.1 показано процес зарядки бойлера

Таблиця 3.1 - Процес зарядки бойлера

Температура бойлеру, °С	t підігріву, хв	Потужність споживання бойлеру, Вт	Температура бойлеру, °С	t підігріву, хв	Потужність споживання бойлеру, Вт
33	0	1637	55	41	605
34	1	1642	56	42	604,7
35	2	1644	57	44	599,5
36	5	604,7	58	45	597,8
37	7	614,2	59	47	573,2
38	10	616,1	60	49	587
39	12	617,9	61	51	585,5
40	14	616	62	52	598
41	16	615,9	63	54	598
42	18	612,2	64	55	615,6
43	20	609,9	65	57	614,7
44	22	598,3	66	59	611,8
45	24	610,1	67	62	614
46	26	615,5	68	65	592,7
47	27	618,1	69	75	608,7
48	29	615,9	70	82	609,1
49	31	620,7	71	92	613,3
50	33	621,9	72	102	617,7
51	35	619,3	73	111	614,4
52	36	618,4	74	121	605,2
53	37	618,3	75	130	600
54	39	618,9			

Дані знімалися від 33 до 75°С.

Для вимірювання даних використовувався цифровий вимірювач потужності [3]. На рисунку 3.1 показано один із показів вимірювань.



Рисунок 3.1 – Покази вимірювань за допомогою цифрового вимірювача потужності.

На рисунку 3.2 показано залежність потужності споживання бойлера від зміни температури.

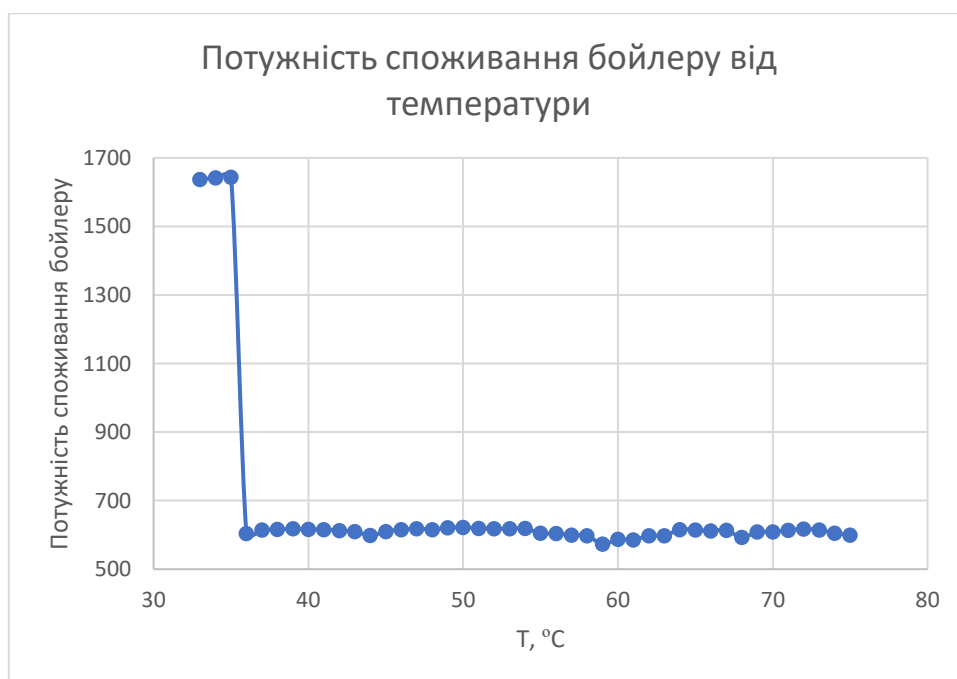


Рисунок 3.2 - Залежність потужності споживання бойлера від зміни температури

На рисунку 3.3 показано зміну потужності споживання бойлера в часі.



Рисунок 3.3 - Зміна потужності споживання бойлера в часі

З наведених залежностей бачимо різку зміну споживаної потужності (на 36°C). В подальшому залежність несе прямолінійний характер. Під кінець процесу (на 69°C) бачимо збільшення часу, необхідного для підігріву 1°C води.

3.1.2 Фен

При роботі фену потрібно відмітити можливість зміни температури повітря, що подається на обдув. Наявні три температури. Також потрібно відмітити можливість подачі охолодженого повітря. Наявні два режими.

В таблиці 3.2 представимо наявні режими.

Таблиця 3.2 – Режими зміни температури повітря на фені.

Зміна температури повітря			Холодне повітря	
∫	∫∫	∫∫∫	*	**

В таблиці 3.3 наведено поєднання різних режимів з отриманими даними, виміряними за допомогою цифрового вимірювача потужності.

Таблиця 3.3 - Поєднання різних режимів роботи фену з отриманими даними, вимірними за допомогою цифрового вимірювача потужності

Поєднання швидкості і холоду	∫ + *	∫ + *	∫∫ + *	∫∫ + *	∫∫∫ + *	∫∫∫ + *
Потужність споживання фену, Вт	215,5	418,0	578,4	770,8	1106,0	1805,0

На рисунку 3.4 показано один із показів вимірювань.



Рисунок 3.4 – Покази вимірювань за допомогою цифрового вимірювача потужності.

З представленої таблиці 3.4 бачимо, що потужність фену може змінюватися від 215,5 Вт до 1805 Вт в залежності від вибраного режиму.

3.1.3 Праска

В таблиці 3.4 показано процес роботи праски протягом 8 хвилин.

Таблиця 3.4 - Процес роботи праски протягом 8 хвилин

Час t, хв	Потужність праски, Вт	Час t, хв	Потужність праски, Вт
0	2329	4,25	0,2
0,25	0,2	4,5	0,2
0,5	2332	4,75	2319
0,75	2297	5	0,2
1	0,2	5,25	0,2
1,25	2356	5,5	2314
1,5	0,2	5,75	0,2
1,75	2363	6	2389
2	0,2	6,25	0,2
2,25	0,2	6,5	2384
2,5	0,2	6,75	0,2
2,75	0,2	7	0,2
3	2412	7,25	2399
3,25	0,2	7,5	0,2
3,5	2420	7,75	2395
3,75	0,2	8	0,2
4	0,2		

Для вимірювання даних використовувався цифровий вимірювач потужності [3]. На рисунку 3.5 показано один із показів вимірювань.



Рисунок 3.5 – Покази вимірювань за допомогою цифрового вимірювача потужності.

На рисунку 3.6 показано процес роботи праски протягом 8 хвилин.

Об'єм електрочайника – 1,7 л. Вода на початку нагрівання є холодною.

Для вимірювання даних використовувався цифровий вимірювач потужності [3]. На рисунку 3.7 показано один із показів вимірювань.

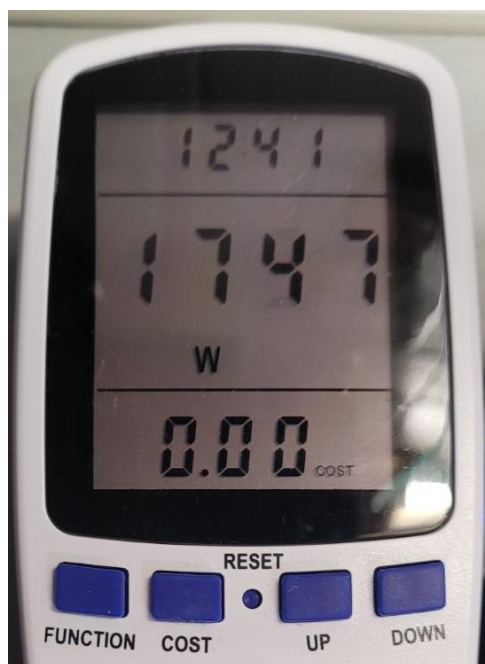


Рисунок 3.7 – Покази вимірювань за допомогою цифрового вимірювача потужності.

На рисунку 3.8 показано процес нагріву води за допомогою електрочайника.

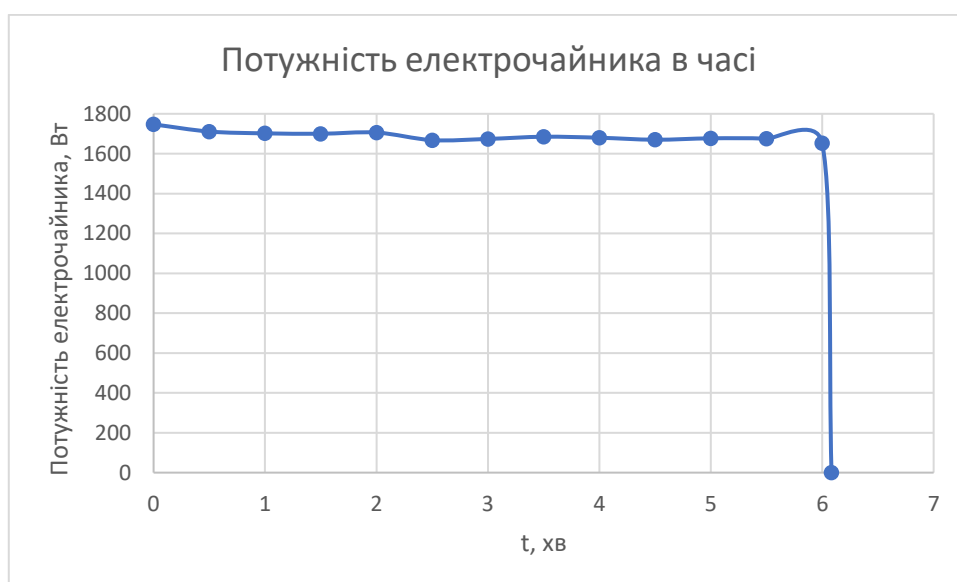


Рисунок 3.8 – Процес нагріву води за допомогою електрочайника.

З рисунку 3.8 бачимо, що споживана потужність нагріву води електрочайником має прямий характер і приблизно стабільне значення.

3.1.5 Пральна машина

В таблиці 3.6 показано процес прання.

Таблиця 3.6 - Процес прання.

Час t, хв	Потуж- ність P, Вт	Час t, хв	Потуж- ність P, Вт	Час t, хв	Потуж- ність P, Вт	Час t, хв	Потуж- ність P, Вт
0	12,5	18	1530	36	12,1	54	105,1
0,5	12,4	18,5	1642	36,5	12,1	54,5	113,8
1	12,4	19	6,4	37	126,3	55	120,3
1,5	12,3	19,5	6,5	37,5	142,8	55,5	127
2	12,3	20	105,8	38	141	56	150,4
2,5	12,2	20,5	22	38,5	136,6	56,5	148,9
3	62,2	21	63	39	139,4	57	142
3,5	12,2	21,5	38,7	39,5	136,4	57,5	144,6
4	12,1	22	26,6	40	112,7	58	134,7
4,5	12	22,5	54,1	40,5	22,7	58,5	146,2
5	12,1	23	109,4	41	34,5	59	139,4
5,5	12,1	23,5	27,2	41,5	32,5	59,5	144,5
6	12	24	112,6	42	53,6	60	105,9
6,5	12	24,5	176	42,5	82,3	60,5	22,9
7	12	25	210,1	43	25,8	61	34,5
7,5	12	25,5	192,1	43,5	111,8	61,5	53,3
8	12	26	189,5	44	156,7	62	102,2
8,5	12	26,5	6,5	44,5	197,6	62,5	27,3
9	73,1	27	12,4	45	185	63	122,3
9,5	113,5	27,5	12,3	45,5	183,4	63,5	121,5
10	50,5	28	12,3	46	6,4	64	176,9
10,5	6,4	28,5	12,4	46,5	6,5	64,5	166,2
11	136	29	12,9	47	36,8	65	213
11,5	100,7	29,5	12,6	47,5	32,9	65,5	200
12	112	30	12,2	48	38,7	66	199,6
12,5	66,6	30,5	12,2	48,5	17,5	66,5	22,7
13	1537	31	12,2	49	42,1	67	6,3
13,5	1528	31,5	12,3	49,5	52,9	67,5	6,3
14	1519	32	12,2	50	59	68	4,1
14,5	1617	32,5	12,2	50,5	63,4	68,5	4,1
15	1543	33	12,3	51	74,6	69	4,1
15,5	1577	33,5	12,3	51,5	85,2	69,5	4,1
16	1532	34	12,1	52	91,9	70	4,1
16,5	1528	34,5	12	52,5	77,6		
17	1519	35	12	53	89		
17,5	1523	35,5	12,1	53,5	56,3		

Віджим складає – 800, температура води - 30°C, прання – делікатне, без складок.

Для вимірювання даних використовувався цифровий вимірювач потужності [3].

На рисунку 3.9 показано процес прання.



Рисунок 3.9 – Процес прання.

З рисунку 3.9 бачимо, що споживана потужність прання має змінний характер. Потрібно відмітити відрізок з 13 по 19 хвилину, коли споживана потужність має максимальне значення.

3.1.6 Мультипіч

В таблиці 3.7 показано процес роботи мультипечі протягом 10 хвилин.

Температура - 180°C.

Таблиця 3.7 - Процес роботи мультипечі протягом 10 хвилин

Час t, хв	Потужність мультипечі, Вт
0,0	1539
2,2	26,4
2,4	1515
2,8	26,4
3,1	1519
3,7	26,2
4,2	1475
4,8	25,6
5,3	1486
5,9	25,7
6,4	1488
6,9	25,6
7,4	1484
8,0	25,6
8,5	1485
9,0	25,7
9,5	1419
10,0	0,9

Для вимірювання даних використовувався цифровий вимірювач потужності [3]. На рисунку 3.10 показано один із показів вимірювань.



Рисунок 3.10 – Покази вимірювань за допомогою цифрового вимірювача потужності.

На рисунку 3.11 показано процес роботи мультипечі протягом 10 хвилин.



Рисунок 3.11 - Процес роботи мультипечі протягом 10 хвилин

З наведеного рисунку 3.11 бачимо, що потужність споживання праски протягом всього часу є практично незмінною і складає приблизно 1,5 кВт. Потрібно відмітити появу проміжків, на яких споживання наближається 0 кВт.

3.2 Висновки до Розділу 3.

Проведені експериментальні дослідження показали, що різні побутові електроприлади мають суттєво відмінні режими електроспоживання, які визначаються їх призначенням, конструкцією та принципом роботи.

Встановлено, що бойлер характеризується тривалим циклом нагрівання води зі стабільною потужністю споживання, а зі збільшенням температури води зростає час, необхідний для її подальшого нагрівання.

Дослідження фена показало, що його потужність значною мірою залежить від обраного режиму роботи та може змінюватися в широких межах від 215,5 Вт до 1805 Вт.

Виявлено, що праска та мультипіч працюють у циклічному режимі підтримання температури, при якому нагрівальні елементи періодично вмикаються та вимикаються, забезпечуючи економніше використання електроенергії.

Встановлено, що електрочайник під час нагрівання води споживає практично сталу потужність протягом усього робочого циклу до моменту автоматичного відключення після закипання води.

Аналіз роботи пральної машини показав змінний характер навантаження, причому найбільша потужність споживається під час нагрівання води, тоді як інші етапи прання супроводжуються значно меншим енергоспоживанням.

Отримані результати можуть бути використані для оцінки навантаження побутових електромереж та вибору параметрів систем резервного електроживлення.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Наслідки перегріву електропроводки та контактних з'єднань

Перегрів електропроводки та контактних з'єднань у побутових електроустановках є небезпечним аварійним режимом, який може мати серйозні технічні та пожежні наслідки.

Перш за все, під дією підвищеної температури відбувається руйнування ізоляції електричних проводів. Ізоляційний матеріал втрачає свої діелектричні властивості, стає крихким, тріскається або плавиться. У результаті цього виникає ризик короткого замикання, витоку струму на металеві частини або на землю, що створює небезпеку ураження електричним струмом.

У місцях контактних з'єднань (розетки, клеми, вимикачі) перегрів призводить до ослаблення пружності контактів, окиснення та збільшення перехідного опору. Це, у свою чергу, ще більше підсилює нагрівання, утворюючи так званий «ланцюг самоприскорення» перегріву. У результаті можливе оплавлення розеток, вилок, клемних колодок та інших елементів електромережі.

Одним із найнебезпечніших наслідків є виникнення пожежі. Перегріта ізоляція або пластикові елементи можуть загорітися навіть без короткого замикання, особливо якщо поруч знаходяться горючі матеріали (дерево, тканина, меблі). Це становить пряму загрозу життю та майну людей.

Крім того, перегрів негативно впливає на роботу побутових електроприладів. Через нестабільний контакт і падіння напруги обладнання може працювати з перебоями, виходити з ладу або повністю відмовляти. Це скорочує термін служби техніки та збільшує витрати на ремонт або заміну.

Також перегрів призводить до аварійних відключень електроенергії через спрацювання автоматичних вимикачів або пошкодження елементів електромережі. У деяких випадках це може викликати повне знеструмлення окремих ділянок житлового приміщення.

Отже, перегрів електропроводки та контактних з'єднань є критично небезпечним явищем, яке потребує своєчасного виявлення та запобігання шляхом правильного проєктування мережі, якісного монтажу, використання захисної автоматики та регулярного технічного контролю.

4.2 Правила пожежної безпеки при використанні потужних електроприладів

При використанні потужних побутових електроприладів правила пожежної безпеки є критично важливими, оскільки такі пристрої працюють зі значними струмами, створюють теплове навантаження на електромережу та можуть стати джерелом займання у разі неправильного підключення або експлуатації.

Перш за все, необхідно забезпечити відповідність електропроводки та електроустановчих виробів навантаженню. Переріз кабелів має бути розрахований згідно з потужністю підключених приладів, а матеріали ізоляції повинні бути якісними та термостійкими. Категорично забороняється використовувати стару алюмінієву проводку без перевірки її стану, а також експлуатувати електромережу з пошкодженими або підгорілими ділянками.

Важливим є правильний вибір і використання розеток та подовжувачів. Для потужних приладів слід застосовувати розетки з відповідним номінальним струмом (зазвичай 16 А або більше) та якісним контактним з'єднанням. Забороняється одночасне підключення декількох потужних споживачів через один трійник або дешеві подовжувачі, оскільки це призводить до перегріву контактів і високого ризику займання.

Окрему увагу слід приділяти захисній автоматичі. У квартирі або будинку обов'язково повинні бути встановлені автоматичні вимикачі відповідного номіналу, пристрої захисного вимкнення (ПЗВ), а в сучасних системах — диференційні автомати. Вони забезпечують відключення живлення при перевантаженнях, коротких замиканнях або витоках струму, що значно зменшує

ризик пожежі.

Не менш важливим є контроль теплового режиму роботи приладів. Потужні електроспоживачі не можна накривати, встановлювати в закритих або погано вентильованих нішах, а також розміщувати поблизу горючих матеріалів (деревини, текстилю, паперу, пластика). Перегрів приладу або навколишніх поверхонь є одним із основних факторів займання.

Потрібно регулярно перевіряти стан вилок, розеток, клемних з'єднань і кабелів. Ознаками небезпеки є потемніння, запах горілої ізоляції, іскріння або нагрів елементів під час роботи. У таких випадках експлуатацію необхідно негайно припинити до усунення несправності.

Також слід враховувати режим роботи потужних приладів. Бажано не залишати їх без нагляду на тривалий час, особливо пристрої нагрівального типу (обігрівачі, електроплити, бойлери). У разі тривалої роботи потрібно забезпечити стабільну вентиляцію та відсутність перевантаження мережі.

Додатково рекомендується використовувати засоби захисту від перенапруги, стабілізатори напруги або джерела безперебійного живлення, які допомагають зменшити ризик аварійних режимів при коливаннях електромережі.

У випадку появи диму, запаху гару або ознак перегріву необхідно негайно знеструмити обладнання, вимкнути автоматичний вимикач і не використовувати прилад до повної перевірки фахівцем.

Отже, дотримання правил пожежної безпеки при експлуатації потужних побутових електроприладів включає комплекс організаційних, технічних та експлуатаційних заходів, спрямованих на запобігання перегріву, коротким замиканням і виникненню пожежі, що забезпечує безпечну та надійну роботу побутових електроустановок.

4.3 Дії при ураженні людини електричним струмом

При ураженні людини електричним струмом необхідно діяти максимально швидко, але при цьому дотримуватися суворих правил безпеки, оскільки постраждалий може залишатися під дією напруги, а сама ситуація становить небезпеку і для рятувника. Насамперед потрібно негайно припинити дію електричного струму. Найбезпечнішим способом є вимкнення автоматичного вимикача, рубильника або відключення живлення на щитку. Якщо це неможливо зробити швидко, допускається відокремлення постраждалого від струмоведучих частин за допомогою сухих ізоляційних предметів (дерев'яної палиці, сухої дошки, пластмасового або гумового предмета). Категорично забороняється торкатися людини голими руками або використовувати вологі чи металеві предмети.

Перед будь-якими діями необхідно переконатися у власній безпеці: не стояти на мокрій поверхні, по можливості використовувати сухе взуття та ізолюючі матеріали. Лише після цього можна наближатися до постраждалого. Важливо пам'ятати, що навіть після відключення електроенергії в мережі може залишатися залишкова напруга або діяти кілька джерел живлення (наприклад, інвертори чи генератори).

Після звільнення людини від дії електричного струму необхідно одразу оцінити її стан. Перевіряється свідомість, дихання та наявність пульсу. Якщо постраждалий у свідомості, його слід заспокоїти, укласти у зручне положення та обмежити рухову активність, оскільки можливі приховані ушкодження внутрішніх органів або серцево-судинної системи.

Якщо постраждалий непритомний, але дихає, його необхідно покласти у стабільне бокове положення для запобігання западінню язика та аспірації, після чого постійно контролювати його стан до прибуття медичних працівників. У разі відсутності дихання або пульсу потрібно негайно розпочати серцево-легеневу реанімацію, яка включає непрямий масаж серця та штучну вентиляцію легень. Реанімаційні заходи слід проводити безперервно до відновлення

життєвих функцій або приїзду швидкої допомоги.

При наявності опіків електричного походження (у місцях входу та виходу струму) необхідно накласти стерильну суху пов'язку. Забороняється використовувати мазі, масла, спиртові розчини або проколювати пухирі, оскільки це може погіршити стан постраждалого та спричинити інфекційні ускладнення.

Обов'язковим є виклик екстреної медичної допомоги (103), навіть якщо постраждалий почувається задовільно, оскільки електротравма може викликати відкладені ускладнення, зокрема порушення серцевого ритму, внутрішні ушкодження або нервові розлади.

До прибуття лікарів необхідно постійно спостерігати за станом постраждалого, підтримувати його у спокійному стані, не дозволяти різких рухів або вставання. У разі погіршення стану потрібно негайно повторити оцінку дихання та пульсу і, за необхідності, знову розпочати реанімаційні заходи.

Отже, правильні дії при ураженні електричним струмом включають швидке знеструмлення, безпечне звільнення постраждалого, оцінку його стану, надання першої медичної допомоги та безперервний контроль до приїзду медиків, що є ключовими умовами збереження життя людини.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено огляд та аналіз побутових електроприладів, які використовуються для дослідження циклів роботи та особливостей електроспоживання. Розглянуто основні технічні характеристики бойлера, фена, праски, електрочайника, пральної машини, мультиварки-скороварки та мультипечі. Встановлено, що найбільше навантаження на побутову електромережу створюють електротеплові прилади, потужність яких становить від 2 до 3 кВт, тоді як пральна машина характеризується змінним режимом споживання залежно від етапу виконання програми. Отримані дані можуть бути використані для подальшої оцінки енергоспоживання та дослідження роботи електроприладів в умовах основного електроживлення.

Проведені експериментальні дослідження показали, що різні побутові електроприлади мають суттєво відмінні режими електроспоживання, які визначаються їх призначенням, конструкцією та принципом роботи.

Встановлено, що бойлер характеризується тривалим циклом нагрівання води зі стабільною потужністю споживання, а зі збільшенням температури води зростає час, необхідний для її подальшого нагрівання.

Дослідження фена показало, що його потужність значною мірою залежить від обраного режиму роботи та може змінюватися в широких межах від 215,5 Вт до 1805 Вт.

Виявлено, що праска та мультипіч працюють у циклічному режимі підтримання температури, при якому нагрівальні елементи періодично вмикаються та вимикаються, забезпечуючи економніше використання електроенергії.

Встановлено, що електрочайник під час нагрівання води споживає практично сталу потужність протягом усього робочого циклу до моменту автоматичного відключення після закипання води.

Аналіз роботи пральної машини показав змінний характер навантаження, причому найбільша потужність споживається під час нагрівання води, тоді як інші етапи прання супроводжуються значно меншим енергоспоживанням.

Отримані результати можуть бути використані для оцінки навантаження побутових електромереж та вибору параметрів систем резервного електроживлення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об'єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.
2. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. - Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с. ISBN 978-966-553-833-2
3. Стасів, А., Миколишин, В., Сисак, І., Оробчук, Б., & Бабюк, С. (2025). ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ ТА ЇХ ПРАКТИЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ. *Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ»*, (October 31, 2025; Paris, France), 101-108.
4. Буняк, О., Стасів, А., Оробчук, Б., & Судомир, В. (2025). Розробка програмного модуля для розрахунку порівняльних характеристик трансформаторів з врахуванням умови економічності. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 357(5.2), 115-122. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-357-73>
5. Стасів А.З., Судомир В.П., Миколишин В.В., Сисак І.М., Буняк О.А. Комплекс програмних модулів для проєктування електропостачання промислових та муніципальних об'єктів // IX International Scientific and Practical Conference «EDUCATION AND SCIENCE OF TODAY: INTERSECTORAL ISSUES AND DEVELOPMENT OF SCIENCES», Cambridge, 28 November 2025. – Cambridge : «P.C. Publishing House» «UKRLOGOS Group», 2025. – С. 150–157. – ISBN 978-1-8380558-4-4. – DOI 10.36074/logos-28.11.2025.028
6. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя –

Тернопіль, 2011.

7. Розрахунок електричного навантажень / Іван Михайлович Сисак, О. Й. Іваніга, С. В. Любка, Ю. І. Джуган // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 242. — (Електротехніка та енергозбереження).

8. СТАСІВ, А., & СИСАК, І. (2025). ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ ТА МАЛИХ ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ У ПЕРІОД БЛЕКАУТІВ. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 355(4), 593-601. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-83>

9. Стасів, А. З., Завацький, Н. В., & Сисак, І. М. (2025). Використання зарядних станцій у періоди блекауту. *Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “, присвячена 180-річчю з дня народження Івана Пулюя та 65-річчю з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя*, 60-60.

10. Стасів А. З., Сисак І. М. Правильна зарядка акумуляторних батарей зарядної станції ECOFLOW DELTA 2. «ΛΟΓΟΣ». 2026. С. 93–99. 10.36074/logos-10.04.2026

11. Петренко Р. РФ уночі запустила приблизно 400 дронів та 40 ракет – Зеленський. *Українська правда*. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2026/02/07/8019844/> (дата звернення: 06.06.2026).

12. Петренко Р. Шмигаль: Росія масовано атакувала основу енергомережі України. *Українська правда*. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2026/02/07/8019842/> (дата звернення: 06.06.2026).

13. Муравський А. Внаслідок обстрілу РФ Бурштинська ТЕС "на нулі". *Економічна правда*. URL: <https://epravda.com.ua/biznes/vnaslidok-obstrilu-rf->

[burshtinska-tes-na-nuli-817660/](https://www.pravda.com.ua/news/2026/02/07/8019833/) (дата звернення: 06.06.2026).

14. Вакулюк І. У Києві та областях запровадили екстрені відключення світла через атаку РФ. *Українська правда*. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2026/02/07/8019833/> (дата звернення: 06.06.2026).

15. Вакулюк І. Росія масовано атакувала Україну: під ударом опинились західні області. *Українська правда*. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2026/02/07/8019823/> (дата звернення: 06.06.2026).

16. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с. ISBN 978-966-641-450-5

17. Романюк Ю.Ф. Електричні системи та мережі: Навч. посіб. – К.: Знання, 2007. – 292 с. – (Вища освіта ХХІ століття).

18. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.

19. Белякова І.В. Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 176): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.

20. THERMEX IF 80 V (Eco) / Серія IF ECO / Thermex | Характеристики, фото, опис, де купити Thermex. *Thermex – провідний виробник водонагрівачів | Характеристики, фото, опис, де купити Thermex*. URL: https://thermex.ua/catalog/seriya-if-eco/thermex_if_80_v_eco/ (дата звернення: 06.06.2026).

21. Фен IDEENWELT RCY-191I - Техносток | Магазин комісійної техніки. *ТЕХНОСТОК - інтернет магазин комісійної техніки Україна*. URL: <https://technostock.com.ua/products/fen-ideenwelt-rcy-191i> (дата звернення: 06.06.2026).

22. URL: <https://shop.tefal.ua/praska-tefal-puregliss-coppertinto-black-fv8064e0.html> (date of access: 06.06.2026).
23. <https://gorenje-shop.com/c-elektrochayniki/p-elektrochaynik-gorenje-k-17-feii?>
24. LG F10B8ND5 купити в інтернет-магазині: ціни на пральна машина автоматична F10B8ND5 - відгуки та огляди, фото та характеристики. Порівняти пропозиції в Україні: Київ, Харків, Одеса, Дніпро на Hotline.ua. *Hotline.ua*. URL: <https://hotline.ua/ua/bt-stiralnye-i-sushilnye-mashiny/lg-f10b8nd5/> (дата звернення: 06.06.2026).
25. https://www.philips.ua/ua/c-p/HD2151_40/philips-all-in-one-cooker-all-in-one-cooker-pressurized?
26. Серія 3000. *Philips - техніка персонального догляду, продукція для малюків та батьків, освітлювальні елементи для дому та автомобіля та ін. | Philips*. URL: https://www.philips.ua/c-p/NA351_00/3000-series-dual-basket-airfryer (дата звернення: 06.06.2026).
27. Гурик О.Я. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 4656): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2017. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.
28. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.