

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти _____

Модель системи регулювання навантаження
на електричну мережу в офісних будівлях

(тема)

Виконав:
студент _____ курсу, групи СКСМ-19-1
Шостак М. В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність _____
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____
Спеціалізовані комп'ютерні системи
(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. Хаханова Г. В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри АПОТ _____ Чумаченко С. В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2020 р.

Факультет Комп'ютерної інженерії та управлінняКафедра автоматизації проектування обчислювальної техніки

Рівень вищої освіти _____

Спеціальність _____
(код і повна назва)Тип програми _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)Освітня програма Спеціалізовані комп'ютерні системи
(повна назва)

Харківський національний університет радіоелектроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.

кафедри _____

(підпис)

2

0

р

“ ____ ” _____ - ____ .

ЗАВДАННЯ**НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ**студентові Шостаку Максиму Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)1. Тема роботи Модель системи регулювання навантаження на електричну мережу в офісних будівляхзатверджена наказом по університету від “ 30 ” жовтня 2020 р. № 1489 Ст2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 14 грудня 2020 р.3. Вхідні дані до роботи Arduino, кібер університет, реле пріоритетів, розумна розетка, контролер освітлення, мова програмування C, мова програмування Java, мобільний пристрій, автоматичні вимикачі, АСКОЕ

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

1. Кіберсоціальна система розумного кіберуніверситету

2. Компоненти системи регулювання навантаження електричної мережі

3. Розробка моделі регулювання навантаженням на електричну мережу

4. Аналіз результатів досліджень

5. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Демонстраційні матеріали. Слайд-презентація – 8 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

7. Дата видачі завдання 01.10.2020

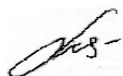
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання та аналіз завдання	03.11.20-09.11.20	
2	Огляд літератури за темою роботи	09.11.20-15.11.20	
3	Огляд компонентів системи	15.11.20-20.11.20	
4	Розробка моделі	21.11.20-28.11.20	
5	Виконання порівняльного аналізу	28.11.20-29.11.20	
6	Оформлення матеріалів атестаційної роботи	30.12.20-07.12.20	
7	Подання атестаційної роботи керівникові	08.12.20-09.12.20	
8	Подання атестаційної роботи на рецензування	10.12.20-11.12.20	
9	Представлення роботи до захисту	15.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Керівник роботи



_____ доц. Хаханова Г. В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка атестаційної роботи: 76 с., 30 рис., 3 табл., 1 дод., 17 джерел.

ARDUINO, КІБЕРУНІВЕРСИТЕТ, РЕЛЕ ПРІОРИТЕТІВ, РОЗУМНА РОЗЕТКА, КОНТРОЛЕР ОСВІТЛЕННЯ, МОВА ПРОГРАМУВАННЯ C, JAVA, АСКОЕ, МОБІЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, INTERNET OF THINGS.

Метою атестаційної роботи є створення моделі системи керування навантаженням на електричну мережу в офісних будівлях. На прикладі офісних будівель буде представлений кіберуніверситет.

У ході виконання атестаційної роботи досліджувалися компоненти, які будуть входити у систему, також порівнювались готові рішення зі створеною моделлю. Особливістю дослідження є порівняльний аналіз доцільності використання такої системи та розроблення плану поступового впровадження. Змодельована система з урахуванням поставлених характеристик та розроблений додаток для керування системою.

ABSTRACT

: 76 pages, 30 pictures, 3 tables, 1 appendices, 17 sources.

ARDUINO, CYBER UNIVERSITY, PRIORITY RELAY, REASONABLE SOCKET, LIGHTING CONTROLLER, C, JAVA, ASKO, MOBILE INTERNET DEVICE PROGRAMMING LANGUAGE.

The purpose of the certification work is to create a model of the control system of the load on the electrical network in office buildings. The cyber university will be presented on the example of office buildings.

During the certification work, the components that will be included in the system were investigated, and ready-made solutions were compared with the created model. A feature of the study is a comparative analysis of the feasibility of using such a system and the development of a plan for gradual implementation. The system is modeled taking into account the set characteristics and the application for system management is developed.

ЗМІСТ

Комп'ютерної інженерії та управління.....	2
автоматизації проектування обчислювальної техніки.....	2
Харківський національний університет радіоелектроніки.....	2
НАЗВА ЕТАПІВ РОБОТИ.....	5
ТЕРМІН	
ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ РОБОТИ.....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП.....	11
1 КІБЕРСОЦІАЛЬНА СИСТЕМА РОЗУМНОГО КІБЕРУНІВЕРСИТЕТУ.....	13
1.1 Кіберфізична система моніторингу та управління.....	13
1.2 Технологічні сервіси розумного кіберуніверситету	18
1.3 Сервіс доступу до інфраструктури.....	23
1.4 Енергоспоживання у приміщеннях університету.....	25
1.5 Аналіз існуючих рішень.....	34
1.6 Постановка задачі дослідження.....	36
2 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ.....	38
2.1 Лічильники електроенергії.....	38
1.1.1.....2.1.1 Різновиди лічильників по тарифікації	39
2.2 Стабілізатор напруги.....	40
2.3 Реле управління навантаженням.....	46
2.4 Механізми контролю підключенням електрообладнання.....	48
2.5 Автоматизована система комерційного обліку електричної енергії	50
2.6 Освітлення та інша периферія.....	52

2.7 Електричний автоматичний вимикач.....	56
3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ РЕГУЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ МЕРЕЖУ.....	60
3.1 Аналіз стану електромережі в університеті.....	60
3.2 Блок схема контролера.....	61
3.3 Рівень апаратної частини.....	62
3.4 Проектування моделі системи регулювання навантаженням.....	63
4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	71
4.1 Порівняння існуючих рішень з моделлю системи.....	71
4.2 Етапи впровадження системи.....	72
ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	75
ДОДАТОК А.....	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

IoT – Internet of Things

IT – information technology

АСКУЕ – автоматизована системи комерційного обліку електричної енергії

ККД – коефіцієнт корисної дії

КФС – кібер-фізична система

ПЗПД – пристрій збору та передачі даних

ПРА – пускорегулюючі апарати

ВСТУП

В наш час в домівках, офісних будівлях з кожним днем збільшується кількість електронних пристроїв, отже і споживання енергоресурсів збільшується та їх вартість. У цьому випадку стає досить важливим облік спожитих ресурсів та вживання ефективних заходів для запобігання їх втрат.

Ефективним рішенням виконання цих завдань є створення системи, яка в режимі реального часу буде контролювати кількість спожитих ресурсів, спроби розкрадання, регулювати навантаження, своєчасно виявляти несправності в лічильнику та контролювати сплату за поживання енергоресурсів споживачів.

Невід'ємною складовою такої системи, для контролю за споживанням та стабільності напруги, є лічильник та стабілізатор напруги. Ці компоненти є одними з найважливіших умов для стабільної роботи будь-якої системи контролю.

Головний критерій до системи – це доступність, простота в користуванні, модульність для поступового впровадження. Завдяки розвитку технології Internet of things (інтернет речей), система контролю за споживанням енергоресурсів має бути бездротовою та керуватися за допомогою мобільного пристрою, щоб людина могла керувати споживанням електроенергії в цілому і не мала доступу до електричного обладнання (електричний щиток, лічильник і т.д.).

Ця система є автономною, але вона може бути реалізована як компонент більшої системи, щоб здійснювати подальші дії без втручання споживача, зберігаючи при цьому можливість контролювати необхідну інформацію.

Наприклад, якщо така система буде впроваджена в громадських будівлях (таких як університети, адміністративні будівлі тощо), проблем із підключенням не буде, а заощаджене споживання ресурсів буде очевидним.

Також вона не буде затратною завдяки модульності системи, що дозволить купувати компоненти поступово. Однак, найголовніше вирішити проблему, як підключити таку систему до більш глобальної реалізованої системи у вигляді вузла (хабу).

1 КІБЕРСОЦІАЛЬНА СИСТЕМА РОЗУМНОГО КІБЕРУНІВЕРСИТЕТУ

1.1 Кіберфізична система моніторингу та управління

Розумний (Smart) - визначення процесу або явища, пов'язане з технологією самонавчання для досягнення поставлених цілей, побудованою на базі мережевої взаємодії адресованих системних компонентів в часі і просторі між собою та навколишнім середовищем.

Кібер-простір – сукупність адресованих та метрично взаємодіючих оцифрованих процесів та явищ на глобальній телекомунікаційній інфраструктурі комп'ютерних мереж з вираженими функціями моніторингу, обчислення, зберігання, транзакцій та управління для досягнення поставлених цілей.

Кібер-безпека – галузь знань, що займається інфраструктурним забезпеченням нормального функціонування об'єкта в кібер-просторі, яке включає: легітимність доступу, менеджмент вразливостей, криптозахищені транзакції, тестування, діагностування та усунення деструктивних проникнень. Кібер-безпека (у вузькому сенсі) - метрична властивість оцифрованого процесу або явища в кібер-просторі, яка здатна протистояти деструктивним проникненням, зі збереженням всіх параметрів функціонування відповідно до специфікації.

Кіберфізична система (Cyber Physical System - CPS) – сукупність комунікаційно пов'язаних адресованих віртуальних та реальних компонентів в оцифрованому метричному просторі з функціями адекватного фізичного моніторингу та оптимального хмарного управління в реальному масштабі часу для досягнення поставлених цілей.



Рисунок 1.1 – Кіберфізична система моніторингу та управління

Розумна кіберфізична система (Smart Cyber Physical System - SCPS) - сукупність комунікаційно пов'язаних в мережу адресованих віртуальних та реальних компонентів в оцифрованому метричному просторі з функціями адекватного фізичного моніторингу, оптимального хмарного управління та самонавчання у реальному масштабі часу для досягнення поставлених цілей.

Електронний документообіг - легітимні інтелектуальні транзакції потоків оцифрованих документів (сенсорних сигналів та регуляторних впливів) у розумній логічно розміщеної мережі даних, призначені для реалізації без паперових відносин із зовнішнім світом, прямого моніторингу та безпосереднього управління науково-освітніми процесами та підрозділами університету.

Оцифровані документи (доступні для розуміння комп'ютером та людиною) виконують роль цифрових сенсорів та актуаторів в замкнутій кібернетичній системі Smart Cyber University. Це означає можливість генерування цифрових звітів та управління системою за допомогою цифрових документів, зрозумілих кіберсистемі, в тому числі і без участі людини. Електронний документообіг часто асоціюється з транзакціями електронних копій паперових носіїв інформації для візуального сприйняття

людиною, але не кіберсистеми, що було б інноваційно в 1990 році.

Наука - сфера людської діяльності, спрямована на процес збору та аналізу фактів для отримання об'єктивних знань про навколишню дійсність з метою прогнозування природних явищ, управління соціальними та кіберфізичними процесами для забезпечення якості життя людей та збереження екології планети.

Освіта - сфера людської діяльності, спрямована на процес формування духовної, фізичної, емоційної, інтелектуальної та професійної культури людини шляхом осмисленого накопичення загальноприйнятих цінностей, знань, умінь та навичок за допомогою існуючої в часі та в просторі багаторівневої системи виховання та навчання, що має на меті придбання соціальної значущості кожним індивідуумом в процесі розвитку людства, направленому на підвищення якості життя людей та збереження екосистеми планети.

Компетентність - метрична оцінка духовної, фізичної, емоційної, інтелектуальної та професійної культури індивідуума, яка визначає його значущість для можливого застосування знань, умінь та навичок при виконанні соціальної ролі, спрямованої на підвищення якості життя людей та збереження екосистеми планети.

Метрика - спосіб вимірювання відстані між процесами або явищами шляхом порівняння їх параметрів.

Якість - сукупність властивостей процесу або явища, що обумовлюють його придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення.

Університет - спільнота науково-педагогічних кадрів та обслуговуючого персоналу, об'єднане інфраструктурою та кероване законодавчими актами, статутом, положеннями, наказами та морально етичними відносинами, спрямованими на виконання актуальних наукових досліджень, підготовку затребуваних ринком фахівців з академічними та науковими ступенями, забезпечення якості життя співробітників шляхом залучення зовнішніх інвестицій за рахунок продажу освітніх сервісів та

науково-технічної продукції.

Кіберфізична система (далі - КФС) - це інтелектуальна система, яка включає мережу фізичних та обчислювальних компонентів, які взаємодіють з технікою. Вони проникають у всі сфери людського життя: виробництво, будівництво, транспорт, енергетику, медицину, освіту тощо. Вони надають нові функціональні можливості для поліпшення якості життя, досягнень технічного прогресу в різних галузях і, таким чином, мають значний вплив на економіку. Основою для розвитку різних моделей кібер-фізичної системи є наявність засобів вимірювань та їх програмного забезпечення. Потрібно вжити заходів для контролю процесу та параметрів навколишнього середовища.

Суть «інтелектуальних» програм полягає у використанні даних датчиків, які максимально швидко та точно сигналізують про зміни параметрів навколишнього середовища, а спеціальні алгоритми використовують більш високі рівні автоматизації для виконання відповідних операцій. КФС виходить за рамки звичної архітектури продуктів, систем та додатків. Як правило, КФС охоплює всі відомі аспекти роботи інформаційно-вимірювальних систем і ускладнюється взаємодією між різними компонентами через мережу. Вони поєднують традиційні інформаційні технології: від прийому даних датчиком до використання вбудованих обчислювальних функцій або хмарних технологій для обробки, а потім до традиційних технологій управління та управління роботою. Іншими словами кіберфізичні системи отримують різні данні про зміни від сенсорів, далі данні оброблюються інтелектуальними програмами для кращого розуміння навколишнього середовища.

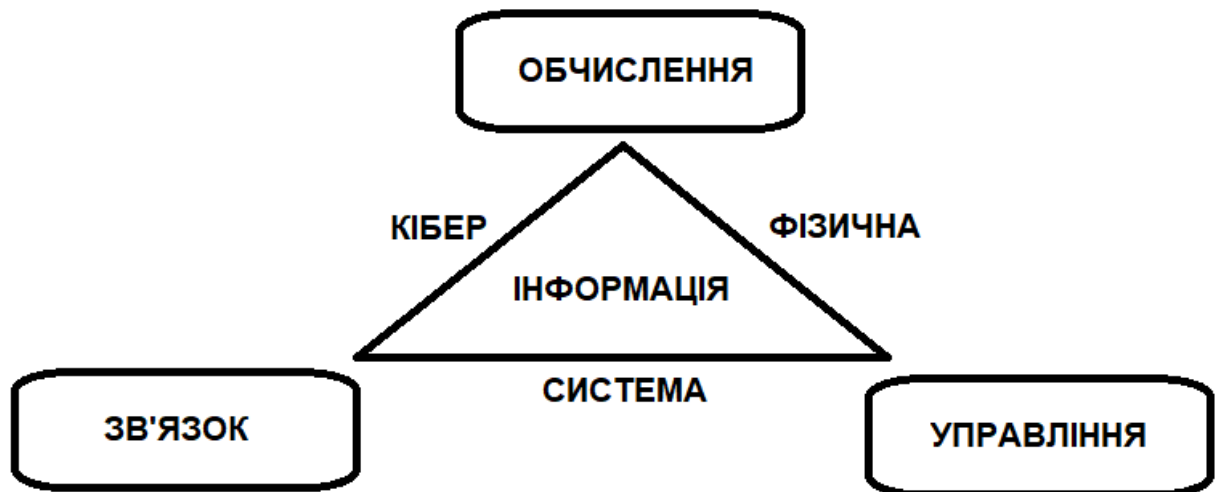


Рисунок 1.2 – Архітектура кіберфізичної системи

Наведемо кілька прикладів практичного застосування кіберфізичних систем:

у виробничому середовищі: кіберфізичні системи допоможуть наладити виробничі процеси, завдяки швидкому обміну в реальному часі між промисловим обладнанням, постачальниками та системами управління. Також підвищиться ефективність підприємства завдяки чіткому контролю;

в охороні здоров'я: кіберфізичні системи дозволяють проводити моніторинг за станом здоров'я пацієнтів на відстані, без необхідності фізичної присутності у лікаря. Також, кіберфізичні системи також використовуються в нейрофізичних дослідженнях для вивчення функцій людського тіла за допомогою інтерфейсу між мозком та обладнанням та терапевтичної робототехніки;

у відновлюваній енергетиці: кіберфізичні системи, наприкладі сонячних електростанцій, допомагають підібрати найкращий кут для отримання більшої кількості сонячної енергії при будь-яких погодних умовах;

в інтелектуальних будівлях: кіберфізична система разом з інтелектуальними пристроями дозволяє скоротити енергоспоживання, контролює оптимальні умови для життя та забезпечує безпеку;

у транспортній сфері: на базі даної системи можливо побудувати автоматичне керування транспортним засобом, завдяки контролю за дорожнім рухом, місцезнаходженням та проблемами у реальному часі, запобігаючи транспортні інциденти та дорожні затори;

у агросекторі: завдяки досягненням в області автоматизації та дистанційного зондування за останні десятиліття були введені поняття точного землеробства та точного землеробства, а також автоматизації в ланцюзі виробництва продуктів харчування. Точне землеробство та автоматизація показали приклад підвищення продуктивності, якості та поліпшення умов праці за рахунок скорочення ручної праці;

в обчислювальних середовищах: кіберфізичні системи можуть краще зрозуміти поведінку системи та користувачів, тим самим покращуючи продуктивність та ефективніше управління ресурсами. Наприклад, ви можете оптимізувати продуктивність програми на основі контексту та дій користувача або відстежувати доступність ресурсів. Крім того, популярні соціальні мережі та веб-сайти електронної комерції зберігають інформацію про дії користувачів, аналізують інформацію для прогнозування вмісту, який може зацікавити їх, та пропонують пропозиції щодо друзів, публікацій, посилань, сторінок, подій чи продуктів [2].

1.2 Технологічні сервіси розумного кіберуніверситету

На сучасному етапі розвитку інформаційного суспільства замість "застарілих" інформаційних технологій IT - Internet of Things (IoT), а в подальшому - Internet of Everything. Замість пасивного моніторингу інформації - human-free, активне cloud-управління в цифровому кіберпросторі, засноване на моніторингу фізичних процесів і явищ [3]. Майбутнє людства пов'язане з ідеєю створення хмарного кібер-управління без людського втручання, управління соціальними інститутами,

спрямованого на реалізацію відкритого і об'єктивного регулювання цифрових процесів, де замість корумпованого лідера виступає об'єктивна Кіберсистема.

Факт, вимір, оцінка, дія - формат циклу системи кіберсистеми, пов'язаний з процесами моніторингу, вимірювання та управління, який базується на постулаті: "Немає вимірювань - немає контролю". Синтез матриці компетенцій для рейтингування - цифрова оцінка процесів або явищ на основі параметрів метрик, складених експертами, або система аналізу великих даних в Інтернеті.

Формування ефективних команд для реконструкції університетської системи і забезпечення її життєздатності:

експерти Вченої ради, що формують рішення по метричній трансформації всіх структурних складових університету: відносин, персоналу, інфраструктури, управління, напрямки на основі досвіду провідних університетів світу;

виконавці рішень: ректор, проректори та декани - посадові особи, які створюють в університеті комфортний творчий клімат, надаючи послуги, що звільняють вчених і професорів від відволікання і віднімає багато часу бюрократичної діяльності. Команди експертів і керівників не повинні перетинатися за аналогією з функціями парламенту і уряду. Тому ректор не повинен бути головою вченої ради. А також членами Вченої ради повинні бути справжні вчені - фахівці світового рівня, які створюють нові конструктивні відносини в університеті відповідно до статуту та регламенту;

службовий персонал невиробничих підрозділів надає послуги, необхідні для творчого життя вчених, викладачів і студентів. Чисельність цього персоналу в університеті не повинна бути більшою за кількість наукових і викладацьких кадрів;

науково-педагогічні кадри - цінність і спадщина університету, котра здійснює наукову продукцію і освітні послуги для студентів, яка стає предметом експорту на ринок. Всі непрофільні кадри університету, включаючи топ-менеджерів, покликані забезпечити комфортні моральні і

матеріальні умови для творчої діяльності вчених і викладачів;

управлінська діяльність інтелектуального кібернетичного університету. Підхід характеризується зміною парадигми пасивного ІТ-моніторингу за рахунок активного ІoТ-менеджменту фізичних процесів, заснованого на використанні аналітики Big Data.

Створення кіберфізичної системи моніторингу та управління Smart Cyber University засноване на використанні автоматизованої комп'ютерної моделі, в якій як механізм управління використовується хмарний сервіс, а як механізму моніторингу та виконання - туманні мережі. Методи прийняття рішень Кіберсистеми орієнтовані на аналіз великих даних за допомогою фільтрів метричних відносин, які виключають безпосередню участь посадової особи-менеджера, що виконує декоративну представницьку функцію.

В обчислювальних методах використовуються віртуальні хмарні процесори, які працюють, в тому числі і на неарифметичній метриці для вимірювання об'єктів в кіберпросторі. Цифровий кіберпростір науки і освіти є платформою для створення масштабованих human-free хмарних кіберсервісів. Цифрування фізичних і віртуальних компонентів науково-освітніх процесів є необхідною умовою для кібер-фізичного моніторингу та управління університетом [4].

Інноваційні послуги, що формують "розумний" кібернетичний університет як структурний прототипу глобального дослідницького та освітнього віртуального кіберпростору Global Smart Cyber University. Хмарний кібер-сервіс безпечного електронного документообігу для цифрового моніторингу та інтелектуального кібер-управління науково-освітніми процесами (створення, впровадження та використання документа), в форматі замкнутого циклу: "Факт - вимір - оцінка - дія", повністю виключає використання паперових носіїв за допомогою Cloud -Mobile Service Computing, цифрового підпису, ІD-карти, пошти та мобільного телефону [1]



Рисунок 1.3 – Інноваційні сервіси розумного кібер-університету

Хмарний кібер-сервіс управління персоналом на основі онлайн-моніторингу, вимірювання, рейтингу та накопичення цифрових метрик компетентності для оцінки діяльності: студентів та усіх категорій працівників з метою розробки прозорих нормативних моральних та матеріальних стимулів, відбору переможців з претендентів на вакантні посади керівників та науково-педагогічні посади.

Хмарний кібер-сервіс структурного управління підрозділом на основі онлайн-моніторингу, вимірювання та накопичення цифрових метрик компетенції кафедри, пов'язаної з науковим та навчальним процесом, з метою розвитку регуляторного впливу та формування пакету документів, необхідних для життєдіяльності. Хмарний кібер-сервіс оцінки якості освітніх процесів та компонентів, онлайн-перевірка знань та вмінь виключає неправомірні стосунки між викладачем та студентом при складанні іспитів та заліків. Хмарний кібер-сервіс управління науковими процесами на основі цифрової оцінки вчених, підрозділів, наукових результатів, проектів та пропозицій щодо метрик, розроблених експертами для прозорого та законного розподілу фінансових, людських та часових ресурсів між підрозділами та працівниками. Хмарний кібер-сервіс освітніх послуг у формі

МООС онлайн та курсів на місцях, а також управління навчальним процесом на основі прозорого розподілу фінансових та часових (кредитних) ресурсів між відділами та працівниками суворо відповідно до метричних оцінок внеску кожного предмета на користь та імідж університету.

Хмарний кібер-сервіс моніторингу та управління науковим та навчальним процесом студента в реальному часі, формування та зберігання електронних документів для його підтримки в часі та просторі шляхом створення особистого віртуального кабінету, пов'язаного з мобільним пристроєм та електронною поштою .

Хмарний кібер-сервіс вимірювання та супроводу бакалаврських, магістерських та дисертаційних робіт, а також конкурсних проектів на основі інтеграції міжнародних метрик оцінки наукової та практичної значущості результатів досліджень із внутрішніми критеріями якості, розробленими експертами. Хмарний кібер-сервіс ліцензування та акредитації спеціальностей на основі вимірювання наукової та освітньої діяльності кафедр та подальшого формування пакету документів, необхідних для зовнішнього оцінювання якості навчальних процесів.

Хмарний кібер-сервіс електронного цілодобового доступу та моніторингу присутності співробітників та студентів в інфраструктурних аудиторіях університету на основі використання мобільних пристроїв та ID-карток, а також електронного банкінгу для оплати освітніх послуг та використання корпоративних карток відділу для придбання товарів та послуг у межах зароблених відділом коштів.

Хмарний кібер-сервіс захисту інформаційно-фізичного простору університету та авторизації електронного доступу до різних компонентів і безфізичних процесів, пов'язаних із життєдіяльністю університету. Пропонується кібер-соціальна система Smart Cyber University (CyUni), яка характеризується: доступністю оцифрованого простору регуляторних норм, точним моніторингом та активним кібер-управлінням адресних компонентів наукових та освітніх процесів, автоматичним генеруванням оперативних

регуляторних впливів, прийняттям кібер-рішень щодо управління фінансовими та людськими ресурсами, незалежних від менеджерів, за винятком паперових носіїв з наукових та освітніх процесів [1].

1.3 Сервіс доступу до інфраструктури

Сервіси доступу до інфраструктури є найперспективнішою темою серед різноманітних варіантів в рамках хмарно-мобільних сервісів розумного кіберуніверситету.

Сервіс доступу до інфраструктури



Рисунок 1.4 – Структура сервісу доступу до інфраструктури

Робота цієї служби призначена для вирішення проблем, пов'язаних з доступом до різних внутрішніх, фізичних об'єктів та сховищ інформації, залежно від прав доступу користувача. Можливість встановлення різних

конфігурацій прав доступу є методом захисту. Шифрування паролів та імен для входу для приховування особистих даних - покращення безпеки служби.

Складові мережевої університетської інфраструктури включають два види ресурсів: фізичні ресурси та інформаційні ресурси. Фізичні ресурси мають такі матеріальні параметри, як маса, довжина, площа, вага, об'єм, температура та напруга. Інформаційні ресурси існують у віртуальному просторі лише у формі інформації та методів доступу.

Система управління командою включає перелік студентів та викладачів, рівень їхньої освіти, перелік досягнень академічного та персоналу тощо. У ХНУРЕ ці функції виконує університетська САУ, відділ кадрів, відділ ліцензування та автентифікації.

Система фінансового управління включає посаду та список заробітної плати, автоматичну систему бухгалтерського обліку, планування та фінансові послуги.

Процес управління навчальним процесом включає заснування курсу, розклад навчальних програм отриманих оцінок тощо. У ХНУРЕ цю функцію виконує департамент IAS та кабінет кожного керівника департаменту.

Електронна бібліотека складається з електронних каталогів, відкритих архівів та баз даних електронних публікацій..

Щодо фізичних ресурсів системи управління, вони спрощені до відповідної служби планування ресурсів та служби обліку витрат.

Інфраструктура управління аудиторним фондом включає службу розподілу класів та службу контролю доступу до аудиторії (послугу видачі ключів) для розподілу аудиторії відповідно до навантаження аудиторії).

Телекомунікаційна інфраструктура включає послуги зв'язку (управління телефоном від Укртелекому), а також послуги з управління комп'ютерними мережами університетів та виставлення рахунків за Інтернет.

Інфраструктура управління опаленням, електроенергією та водопостачанням (у нашому університеті) все ще зводиться до послуг з технічного обслуговування та обмежених послуг з розподілу електроенергії.

Звичайно, необхідна ретельна модернізація, враховуючи сучасні енергозберігаючі технології [5].

1.4 Енергоспоживання у приміщеннях університету

Близько 40% енергетичних ресурсів в Україні споживають будівлі, в тому числі громадські будівлі – школи, дитячі садки, лікарні, державні установи, заклади культури. Потенціал енергозбереження будівель становить 50-60%. Характерною особливістю громадських будівель є те, що крім високих витрат енергії громадські будівлі мають недостатньо високий рівень мікроклімату та санітарно-гігієнічних умов [15].

Найбільшу кількість електроенергії адміністративні будівлі витрачають на освітлення, це майже 40% від всіх витрат. Усьому вина використання найдешевших ламп та світильників. Всі купують найдешевші для того щоб заощадити. Але вони забувають, найдешевші лампи споживають найбільше електроенергії, також вони найшвидше виходять з ладу.

Розглядаючи освітлення в більшості адміністративних, офісних та учбових будівлях, де кімнати мають типову прямокутну форму розташовані на поверххах уздовж коридорів, видно що воно організовано стандартним способом. Відповідно від площі приміщення, згідно до державного стандарту, розраховується необхідна кількість світильників, які вмонтовуються у стелю на необхідній відстані. Безперечно це грубе вирішення проблеми, але ніхто не звертає уваги на природне світло та потребу співробітників та учнів. Через це освітлення часто працює цілодобово для комфортної роботи у приміщенні. В коридорах, на сходах та в місцях громадського користування, зазвичай, природнього освітлення досить мало, там світло працює цілодобово і ніхто не слідкує за цим.

Керівництво таких будівель не замислюється про витрати, бо, зазвичай, все це оплачує держава. Однак, відповідальні керівники намагаються зменшити енергоспоживання своїх об'єктів. Це правильно, оскільки це

покращує рейтинг енергоефективності будівлі та сприяє залученню нових студентів, що, в свою чергу, покращує його конкурентоспроможність на ринку освітніх послуг.

На сьогоднішній день у більшості адміністративних будівель встановлені стандартні та найдешевші люмінесцентні растрові світильники. В них зазвичай застосовані найдешевші компоненти, через які витрати на світло дуже великі. У них є кілька дуже вагомих недоліків: по-перше, вони споживають значно більше електроенергії, по-друге, в них дуже малий ресурс праці і через це їх треба часто замінювати, по-третє, дешеві ПРА створюють дискомфортний шум та миготіння.

Усіх цих недоліків позбавлені світлодіодні світильники з системою управління освітленням. Безперечно такі лампи будуть коштувати трішки дорожче, але в перспективі ми отримуємо велику економію. Заміна звичайного растрового світильника потужністю в середньому 4x18 Вт на світлодіодну панель дозволить знизити витрати електроенергії з 72 Вт до 36-40 Вт. Якщо в закладі 100 або більше кімнат, в кожній в середньому встановлено по 6 світильників, то економія, за один 10-ти годинний робочий день, складе 21.6 кВт.

Перевагами заміни растрових світильників (рис. 1.5) окрім економії є: відсутність експлуатаційних витрат. У світлодіодних лампах немає нитки розжарення, яка може улюбий момент порватись;

яскравість освітлення, за весь період роботи, залишається стабільною;

- стійкість до коливань напруги;
- миттєве включення;
- відсутнє мерехтіння та гудіння пускорегулюючої апаратури;
- також правильна передача кольору, завдяки білому, схожому на звичайне денне освітлення, спектру освітлення. Завдяки чому очі не втомлюються при тривалій роботі;
- при установці якісного драйверу управління, є можливість змінювати

рівень освітленості;

- термін роботи від 8-10 тисяч годин, збільшується до 40-50 тис. годин (так заявлено виробником).



Рисунок 1.5 – Якісний світлодіодний світильник

Порівнюючи терміни роботи видно, що світлодіодне освітлення зазвичай працює до п'яти разів довше, а це означає, що ми можемо добре заощадити на заміні люмінесцентних ламп. Також екологічна цінність таких ламп є дуже великою, бо люмінесцентні лампи необхідно утилізувати, бо в них знаходяться пари ртуті, які є досить шкідливими для навколишнього середовища.

Світлодіодні панелі мають можливість підключення до систем контролю за освітленням. Такі системи будуються з підключенням датчиків присутності у приміщенні та рівня природнього освітлення. Вони легкі у підключенні та у користуванні. Ці системи, зазвичай, оснащені Wi-Fi або Bluetooth модулями, завдяки чому контроль здійснюється за допомогою мобільного пристрою. Зазвичай економія, завдяки такій системі, складає то 30%, тому що враховуються всі потреби і параметри для комфортної роботи.

Безперечно, такі комплектуючі коштують досить дорого, через що підприємства не завжди можуть змінити всю систему одночасно у всіх

приміщеннях. Якщо робити це поступово, приміщення за приміщенням, різниця буде ледь відчутна порівняно з купівлею нових люмінесцентних ламп та електронних ПРА, які часто виходять з ладу.

Окрім економії на освітленні, не слід забувати про іншу техніку, яка в режимі очікування споживає до 10% електроенергії. Тут є також рішення, смарт-розетки. Головні функції якої є:

- контроль за напругою в мережі;
- контроль за допомогою мобільного пристрою;
- дані про кількість спожитих енергоресурсів передаються до серверу, та автоматично будується графік по якому чітко видно години пікового споживання;
- пристрої, які підключені через цю розетку, через заданий час вимикаються і перестають споживати електроенергію в режимі простою;
- автовідключення приладів у роботі яких виникли збої.

Таке рішення є досить дієве і найкраще працює разом з багатотарифним лічильником.

На даний час існує три типи лічильників, звичайний, який рахує всю спожиту електроенергію за одним тарифом, двозонний, який рахує з 23.00 до 07.00 години 0.5 тарифу, та в інший час по звичайному та тризонний лічильник, який рахує 1.5 тарифу в години з 08.00 до 11.00 і з 20.00 до 22.00, повний з 07.00 до 08.00, з 11.00 до 20.00 і з 22.00 до 23.00, 0.4 тариф з 23.00 до 07.00. Через те, що більшість адміністративних будівель працюють цілодобово, згідно характеристик видно, що для користування найкращий варіант двозонного лічильника (рис. 1.6). Він дозволить економити на витраченій електроенергії вночі.



Рисунок 1.6 – Багатотарифний лічильник

Зазвичай в офісних приміщеннях світло регулюється звичайними вимикачами, це доволі ефективне і просте рішення. Але в великих приміщеннях воно не практичне, іноді їх збирається дуже велика кількість і користувачі розпочинають плутатись, що призводить до безпідставного вмикання світла в місцях де це непотрібно. Існує декілька варіантів рішення.

По перше, встановлення датчиків присутності у приміщенні. Вони реагують на присутність у приміщенні та подають сигнал на вмикання світла. Принцип роботи датчиків присутності, так само як і у датчиків руху, заснований на уловлюванні теплового, інфрачервоного випромінювання людини або тварини. Датчик вловлює невидиме людському оку електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 7-14 мм, яке знаходиться в інфрачервоній частині спектра. Спеціальні лінзи датчика присутності розбивають загальну теплову територію на активні і пасивні зони, побудовані в шаховому порядку. Реагування датчика настає при переміщенні з однієї зони в іншу. Як правило в уникнення помилкових спрацьовувань, датчики присутності оснащені затримкою виключення, це буває у випадках, коли

людина знаходиться в приміщенні деякий час в нерухомому стані (рис. 1. 7).



Рисунок 1.7 – Типовий приклад датчика руху

Таке рішення є досить дієвим і найкраще підходить для коридорів та місць громадського користування.

По-друге, встановлення світлорегулятора (диммера). Цей механізм дозволяє встановлювати необхідний рівень освітленості для комфортної роботи за допомогою плавного регулювання. Але цей спосіб має один великий недолік, під час різкої зміни погодних явищ працівникам постійно прийдеться регулювати рівень освітленості.

Рішення попередньої проблеми і третім варіантом буде реле контролю рівня природнього світла. Реле контролю рівня освітленості або фотореле, використовується для автоматичного включення світла (або іншого типу навантаження – сигналізації, наприклад) при зниженні освітленості в контрольованому місці нижче встановленого порога. Таке реле змінює інтенсивність освітлення завдяки автоматичному включенню та виключенню необхідної кількості світильників (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 – Реле контролю освітлення

Таке реле встановлюється в щиток і не потребує людського втручання, достатньо один раз налаштувати і воно буде працювати в автоматичному режимі.

Всі пропозиції є досить дієвими, але залишається ще одна з найважливіших проблем – це перенавантаження мережі. Ця проблема є досить важливою для навчальних закладів, тому що для їх безперервного функціонування необхідне безперебійне електропостачання. Аварії в робочий час є досить критичними. Такі аварії виникають частіше в холодну та жарку пору, коли паралельно з комп'ютерною технікою вмикаються кондиціонери та обігрівачі. Таких проблем можливо уникнути і для цього існують варіанти.

Для уникнення цієї ситуації, доведеться контролювати кількість одночасно підключених приладів, контролювати їх потужність, і не включати одночасно кілька потужних споживачів.

Тому, щоб не замислюватися, що і якої потужності у нас одночасно

підключено, були створені спеціальні реле управління навантаженням - реле пріоритету (рис. 1.9) (їх ще називають обмежувачі потужності).



Рисунок 1.9 – Реле навантаження

Реле постійно відстежує струм, який протікає через нього (і відповідно споживану навантаженням потужність), і якщо струм перевищує встановлене значення, реле відключає першу не пріоритетну групу, якщо цього виявилось недостатньо, тоді відключається друга не пріоритетна група. Залишаються підключеної тільки навантаження, об'єднана в не відключати групу.

Таке реле можливо вдало інтегрувати в наші заклади, завдяки тому, що зазвичай будь-яка електрична мережа підключається через декілька електричних ліній. На головній лінії залишити комп'ютери, серверну частину та головне освітлення, на другій лінії - оргтехніка, побутові прилади, кондиціонери та обігрівачі, а до найнижчої підключити розетки, світло в технічних приміщеннях та іншу периферію. Така система вмонтовується в серце енергопостачання в електричний щит.

Невід'ємною частиною будь-якої електричної системи є стабілізатор

напруги. Його головна задача – перетворення електричної енергії на задану вихідну напругу (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Типовий приклад стабілізатора напруги

Завдяки йому всі прилади можуть бути у безпеці та не боятися перепадів напруги, які часто трапляються. У всіх приладів є піковий та мінімальний діапазон вхідної напруги для правильного функціонування. Стабілізатор дозволяє скорегувати вхідну напругу і видати необхідну. Також в наш час є моделі, в які вбудовані акумулятори, що дозволяє після вимкнення всього світла вимкнути безпечно всю техніку. Від таких перепадів внутрішні запобіжники в техніці часто не спасають, через що техніка не підлягає ремонту, а для державних установ це є дуже великою проблемою, бо купівля нової інколи досить проблематична.

В час, коли приміщення переповнені електроприладами, не слід забувати про економічні фактори та безпеку. Необхідно слідкувати за тим, скільки ми витрачаємо електроенергії та перешкоджати пожежам через короткі замикання та перенавантаження системи. Безумовно навчальні заклади потребують покращень, але якщо не вистачає коштів на капітальну

зміну, систему можливо змінити при мінімальних витратах.

1.5 Аналіз існуючих рішень

На сьогоднішній день, на українському ринку існує декілька варіантів систем контролю навантаження мережі. Кожна компанія, яка надає свій продукт, описує його характеристики, можливості, послуги: починаючи від типу наданого обладнання, закінчуючи типом програмного забезпечення, стандартів зв'язку, можливості зв'язку тощо. І щоб вибрати кращу систему, яка буде відповідати нашим вимогам, потрібно провести їх порівняння.

Для порівняння було обрано кілька систем відомих виробників таких як, БАКЛЕР, ЕНЕРГО Х, SONOFF, ZUBR. Результат порівняння буде представлений у вигляді таблиці, будуть порівнянні характеристики відносно наших вимог.

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика існуючих систем

Параметри	БАКЛЕР	ЕНЕРГО Х	SONOFF	ZUBR
Максимальний струм	60 А	16 А	16 А	63 А
Захист з напруги	Від 120 до 280 В	Від 110 до 240 В	Від 90 до 250 В	Від 120 до 280 В
Захист зі струму	Від 0,1 до 60 А	Не має	Не має	Від 0,1 до 63 А
Характеристик и захисту	В, С, D вибирається програмно	Не має	Не має	В, С, D вибирається програмно
Захист по навантаженню	Від 20 до 41400 Вт	15000 Вт	20200 Вт	22000 Вт
Захист з температури	Від 40 до 70	Не має	Від 20 до 75	Від 20 до 70

Продовження таблиці 1.1

Програма керування	Є	Не має	є	Не має
Можливість внесення змін до програмного продукту	Не має	Не має	є	Не має
Можливість дистанційного керування	Є	Не має	є	Не має
Онлайн контроль за споживанням	є	є	є	Не має
Ручне керування	Не має	Не має	є	є
Клас точності виміру	1,0	1,0	1,0	0,1
Можливість підключення інших датчиків	Є	Не має	Є	Не має
Внутрішня пам'ять	Не має	Не має	Не має	є

Відповідно до порівняльної таблиці, система БАКЛЕР більше всього підходить під обрані показники, але не в повній мірі, тому що програмне управління закритого типу і не дозволяє користувачу додавати необхідні функції. Також відсутнє ручне управління та внутрішня пам'ять, що унеможлиблює використання без доступу до інтернету.

Розглянувши найбільш популярні системи на ринку, можна зробити висновок, що кожна система має ряд недоліків і не охоплює всі необхідні вимоги. Представлені системи створені під конкретних користувачів, що робить їх не універсальними.

Виходячи з цього, система повинна бути модульною, що дасть змогу

впроваджувати її поступово та вибирати компоненти відповідно до вимог. Система контролю для кіберуніверситету повинна відповідати всім вимогам та бути доступною. Також головним фактором є економічна складова, всі представлені системи є досить затратними.

1.6 Постановка задачі дослідження

Витрати на комунальні послуги в університеті займають перше місце по видаткам. Лівову частину яких забирає електропостачання. Витрати на цей комунальний ресурс можливо з легкістю зменшити, впровадивши новітні технології при витрачанні невеликих ресурсів у порівнянні з перспективною економією.

Зважаючи на перелічені факти, впровадження нових технологій в існуючу систему електропостачання університету є актуальним та економічно раціональним. Звідси, актуальною та технічно вагомою задачею є створення моделі системи регулювання навантаження на електричну мережу та адаптація її до інфраструктури кіберуніверситету.

Об'єкт дослідження – модель системи регулювання навантаження на електричну мережу в інфраструктурі кіберуніверситету.

Предмет дослідження – моделі, методи, порівняння та процедури оптимізації та контролю за енергомережою, зниження витрат на енергоспоживання та тарифікації енергоспоживання в рамках інфраструктури кіберуніверситету та способи отримання інформації користувачем про енергоспоживання.

Мета роботи – моделі, порівняння з різними існуючими системами та механізм впровадження моделі системи до інфраструктури кіберуніверситету у відповідності до державних стандартів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:
аналіз структури сервісу доступу до інфраструктури у складі кіберуніверситету;

провести аналіз та порівняння сучасних методів тарифікації енергоспоживання;

змоделювати схему регулювання навантаженням на електричну мережу та порівняти з існуючими рішеннями;

провести аналіз доцільності використання даної системи з урахуванням всіх економічних факторів;

змоделювати та результати роботи системи.

2 КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Лічильники електроенергії

Лічильники обліку електроенергії – використовуються для підрахунку кількості спожитої електричної енергії. Він встановлюється у всі будівлі де проведено електрику. Існує кілька видів лічильників по тарифікації та по типу роботи.

Існує два типи лічильників - індукційний та електричний. Електричний лічильник індукційного типу працює за принципом магнітного поля, що утворюється двома котушками: напруги та струму. Магнітне поле впливає на диск, і змушує його здійснювати обертальні рухи. Диск в свою чергу приводить в дію лічильний механізм. При підвищенні напруги і струму в мережі диск буде обертатися швидше, і накручувати свідчення витрати енергії. Точність таких приладів залишає бажати кращого і дорівнює 2,5.

Електронний електролічильник діє безпосередньо, вимірюючи силу струму і напругу в мережі. Ніяких проміжних ланок і механізмів у нього немає, тому і втрати точності також немає. Параметри виводяться на дисплей і зберігаються в пам'яті лічильника в цифровому вигляді. З недоліків слід зазначити недостатню надійність в порівнянні з лічильниками індукційного типу, а також підвищена вартість (рис. 2.1).

Також лічильники поділяють на одно-, дво- та багатотарифні. Їх головною особливістю є тарифікацію спожитої енергії відповідно до часу користування.

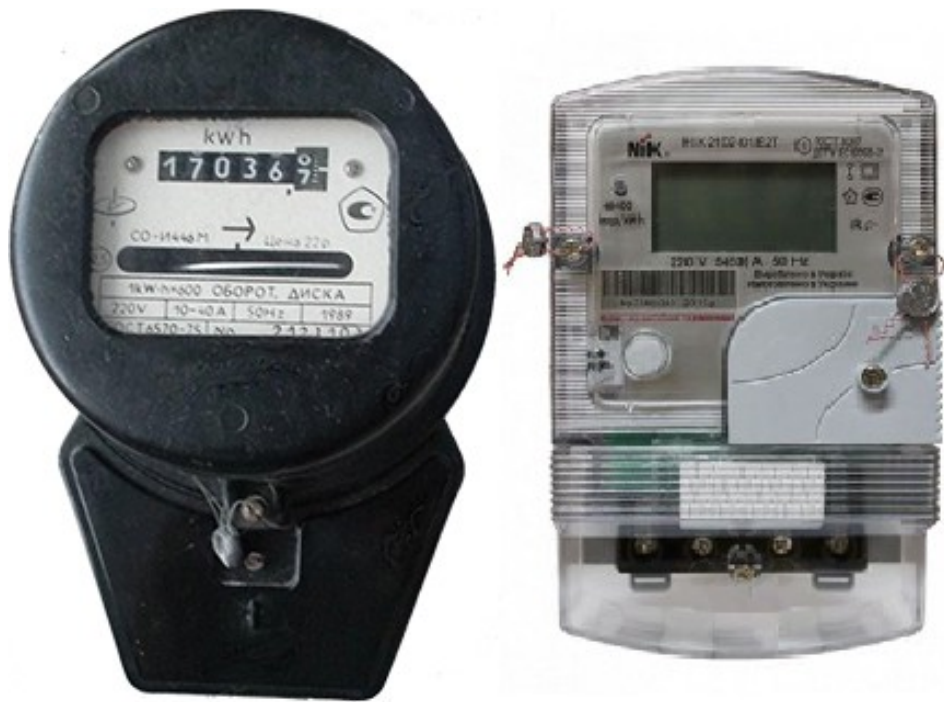


Рисунок 2.1 – індукційний та електронний лічильники

2.1.1 Різновиди лічильників по тарифікації

Однотарифний лічильник рахує всю спожиту електроенергію за звичайним тарифом. Такий тип лічильника, встановлений у більшості будівель, тому що він є найдешевшим.

Двотарифний або двозонний розподіляє добу на дві зони: денну з 7:00 до 23:00, де рахує використану електроенергію за звичайним тарифом та з 23:00 до 7:00 де рахує з коефіцієнтом 0,5. Такий лічильник є досить раціональним у використанні в державних будівлях, бо вони працюють цілодобово. В університетах за часту є свої сервера, які повинні працювати цілодобово, також охоронна система, яка працює постійно споживає електроенергію. Перехід на такий вид лічильників є досить економічно привабливим. За приблизними підрахунками перехід зі звичайного лічильника на двозонний дозволить заощадити приблизно 5-8% від всіх витрат на електроенергію.

Трьохзонний лічильник розділяє добу на декілька зон, пікова з 8:00 до 11:00 та з 20:00 до 22:00 з коефіцієнтом вартості 1,5, напівпікову – з 7:00 до 8:00, з 11:00 до 20:00 та з 22:00 до 23:00 зі звичайним тарифом та нічний – з

23:00 до 7:00 з коефіцієнтом 0,4. Такий тип лічильників зазвичай використовується на підприємствах, де робота розпланована на кілька робочих змін.

Порівнюючи три типи лічильників, більш економічним є двозонний: по-перше, за споживання при використанні тризонного лічильника в пікові години витрати на 50% більші, по-друге, з двотарифним лічильником економія в будь-якому разі, бо немає переплати за користування в день, а вночі 50% вартості, по-третє, зонний облік вигідний для великих приміщень таких, як університет, тому що користування електроенергією відбувається цілодобово.

2.2 Стабілізатор напруги

Стабілізатор напруги - електромеханічний або електричний (з дистанційним управлінням) пристрій, що має вхід і вихід по напрузі, призначене для підтримки вихідної напруги в вузьких межах, при істотній зміні вхідної напруги і вихідного струму навантаження.

У кожного університета є маса побутової техніки, щоб вона служила якомога довше, за неї потрібно стежити, доглядати і виконувати всі роботи по обслуговуванню, якщо вони є. Однак, небезпечними залишаються скачки напруги.

У побутових електромережах вони відбуваються часто, можуть бути викликані комутацією потужного електрообладнання, а також проблемами на лініях, типу поганого контакту, старих опор та ін.. Щоб зменшити ризик виходу з ладу техніки через погану електромережі можна використовувати стабілізатори напруги 220В.

Стабілізатори розрізняють за способом стабілізації і регулювання напруги:

- ферорезонансні;
- релейні;

- електромеханічні або сервоприводні;
- електронні або інверторні, з напівпровідниковими ключами;
- інверторний стабілізатор.

Ферорезонансний стабілізатор захистить електрообладнання від стрибків напруги. Він складається з двох дроселів і конденсатора. Вони дешеві, але не забезпечують реальну стабілізацію вихідної напруги, хоча і дають певний захист електрообладнання. В даний час на ринку зустрічаються не дуже часто. Для нормальної і безпечної роботи техніки їх розглядати не варто (рис. 2.2). Його перевагами є довговічність, так як немає ніяких виконавчих механізмів і швидкодія.

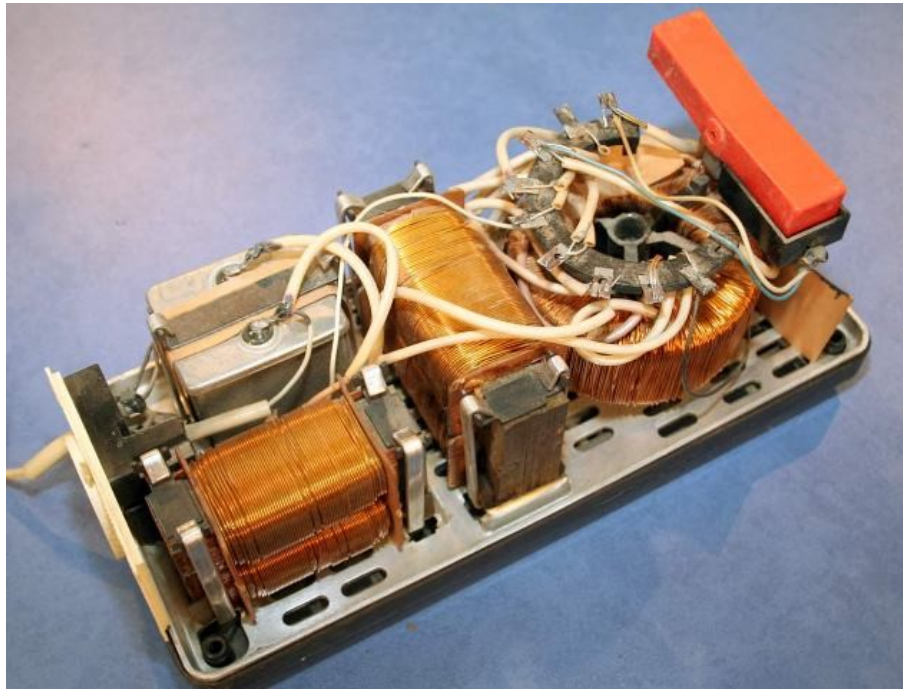


Рисунок 2.2 - Ферорезонансний стабілізатор

В основі релейного стабілізатора (рис. 2.3) лежить автотрансформатор і система управління на базі реле і мікроконтролера. Принцип роботи полягає в перемиканні відводів від витоків автотрансформатора для досягнення стабільної напруги вихідної мережі. Реле спрацьовують досить швидко, швидкість реакції стабілізатора. Залежно від типу конкретних реле вони спрацьовують за 2-7 мілісекунди. Сам прилад забезпечує перемикання

ступенів і підсумкову реакцію в 2-12 мілісекунди. Його переваги:

- дешевизна;
- надійність;
- не створюють перешкод в мережі;

більшість моделей має додаткові функції, типу захисту від імпульсних перенапруг, подачі напруги з входу на вихід безпосередньо. Цей режим називається байпасом (обхід), потрібен для зменшення втрат на трансформаторі при нормальному значенні напруги мережі живлення. Також може бути вбудована захисту від КЗ і перегріву;

термін служби 8-15 років;

відмінна ремонтпридатність - якщо реле вийдуть з ладу їх можна легко, швидко і дешево замінити. Критичним є вихід з ладу трансформатора або плати управління;

високий ККД - 97-99%.



Рисунок 2.3 – Релейний стабілізатор

Сервопривідні стабілізатори напруги принципом дії нагадують лабораторний автотрансформатор, відмінність лише в тому, що напруга регулюється автоматично, за допомогою сервоприводу.

З такою конструкцією не можна забезпечити різкої реакції на зміну напруги, швидкість реакції знаходиться в межах 10-15 вольт за 1 секунду.

Він реагує на плавні зміни напруги живлення і забезпечує стабільну вихідну на рівні 220 В. Переваги:

- плавне регулювання напруги;
- точність регулювання.

Недоліки:

- знос рухомих частин, і необхідність їх регулярної профілактики або заміни;
- робота стабілізатора досить гучна через звуки від сервоприводу і руху струмознімача по обмотці;
- пил і вологість - вороги будь-якого електроприладу, але у випадку з сервоприводним стабілізатором це особливо критично, так як фактично основний функціональний вузол всередині знаходиться у відкритому стані.

Фактично це той же релейний стабілізатор, але замість реле використовуються напівпровідникові ключі - тиристри або сімістри. Це забезпечує тихе перемикання і більш швидке спрацьовування. Якщо напруга в мережі в нормальних межах, то система управління електронним стабілізатором включить режим «байпас», і пустить струм в обхід трансформатора. Це потрібно для підвищення ККД. Переваги:

- надійність. Напівпровідникових ключах не властивий механічний знос контактів;
- швидкодія на порядок вище;
- безшумність.

Недоліки:

- вартість вище ніж у релейних моделей;
 - здатність до короткочасних перевантажень у напівпровідникових ключів нижче, ніж у електромеханічних реле;
 - сімістри можуть вийти з ладу, при пробі і імпульсом високої напруги, але виробники мінімізують ці проблеми.

Інверторний стабілізатор - стабілізатори з подвійним перетворенням. В ньому напруга надходить на вхідний фільтр електромагнітних завад, далі на

коректор коефіцієнта потужності (його може не бути в дешевих моделях) після цього випрямляється і надходить на інвертор і на вихідний ланцюг - до навантаження. Таким чином, вихідна напруга не впливає на вихідний і швидкість реакції стабілізатора з подвійним перетворювачем вище ніж у інших типів. Єдине обмеження - діапазон вхідних напруг, - він обмежений характеристиками схеми інвертора. У подвійному перетворенні бере участь інвертор з трансформатором, завдяки чому забезпечується гальванічна розв'язка вхідного і вихідного ланцюгу. Більш наочно це показано на схемі нижче, хоча це схема джерела безперебійного живлення, але зміст той самий.

Переваги:

- безшумність;
- точність і швидкість регулювання;
- великий діапазон вхідних напруг.

Недолік - вартість.

При виборі стабілізатора необхідно враховувати наступні характеристики:

- потужність;
- перевантажувальна здатність - перевантаження і її тимчасової межа.

Наявність перевантажувальної здатності дозволяє короткочасно використовувати додаткову потужність, коли це необхідно;

діапазон стабілізації - дана характеристики відображає реальні межі, в яких відбувається регулювання напруги. Деякі моделі мають кілька діапазонів або можуть налаштовуватися на різні діапазони на стадії виробництва;

швидкість регулювання - важливий показник, оскільки саме від нього залежить, наскільки швидко стабілізатор відпрацьовує різкі сплески напруги в електричній мережі;

точність регулювання - один з найбільш значущих показників, на який варто звертати увагу, він свідчить про можливі відхилення напруги на виході з стабілізатора;

умови роботи - деякі стабілізатори можуть працювати при негативних температурах, це буває необхідно, коли є необхідність установки на вулиці або в неопалюваному приміщенні;

захист - сучасні стабілізатори володіють цілим комплексом захисту;

індукція - корисна опція, яка дозволяє переглядати в режимі реального часу безліч корисної інформації, а також коди помилок, які можуть виникати при аварії мережі або в роботі стабілізатора.

Гарним рішенням для побудови правильної електромережі, де не використовуються трифазні прилади є однофазний стабілізатор, навіть якщо мережа трифазна, то дешевше та вигідніше використовувати три однофазних стабілізатора. По-перше, якщо хоча б на одній з фаз зникне напруга, трифазний стабілізатор вимкне все обладнання. По-друге, якщо в трифазному стабілізаторі вийде хоча б одна секція зі строю – треба вимикати і везти в ремонт весь блок. В результаті чого все обладнання буде без захисту. Набагато простіше замінити один з однофазних стабілізаторів. Трифазний стабілізатор потрібен тільки тоді, коли є пристрої, яким необхідно трифазне джерело живлення (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Промисловий однофазний стабілізатор

2.3 Реле управління навантаженням

Реле управління навантаженням або реле відключення неперіоритетних навантажень виконує функцію контролю споживаної потужності і порівняння із заданим максимальним значенням. Встановлюється в ланцюг після ввідного автоматичного вимикача і навантаженням. Воно здійснює постійний контроль поточної споживаної потужності і порівнює її із заданим максимально допустимим значенням.

У разі перевищення порогового значення, спрацьовує контакт, що відключає першу неперіоритетну лінію навантаження. При цьому спалахує червоний світлодіод Л1, який вказує на те, що відключена перша неперіоритетна група.

Якщо при цьому сумарний струм навантаження не зменшився нижче встановленого порогового значення, спрацьовує другий контакт і відключається друга неперіоритетна група. Спалахує червоний світлодіод Л2.

Кожні 5 хвилин відбувається перевірка шляхом включення всіх реле. Якщо в цей момент сумарна потужність дорівнює або менше заданої, реле залишаються замкнутими, в іншому випадку відбувається повторне відключення неперіоритетних ліній. Таким чином реле дозволяє:

- збільшити кількість навантажень без збільшення виділеної потужності;

- зменшити споживану потужність;

- запобігти незручність, пов'язані з раптовим вимиканням вступного автомата (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Типовий приклад реле навантаження

Схема підключення реле досить проста, на вхід електромережі встановлюється вхідний автомат з максимальним номінальним током, далі лічильник, після нього реле контролю напруги (стабілізатор напруги) і потім реле контролю навантаження. Такий тип схеми забезпечує найкращу стабільність і ефективність всієї системи електропостачання (рис. 2.6).

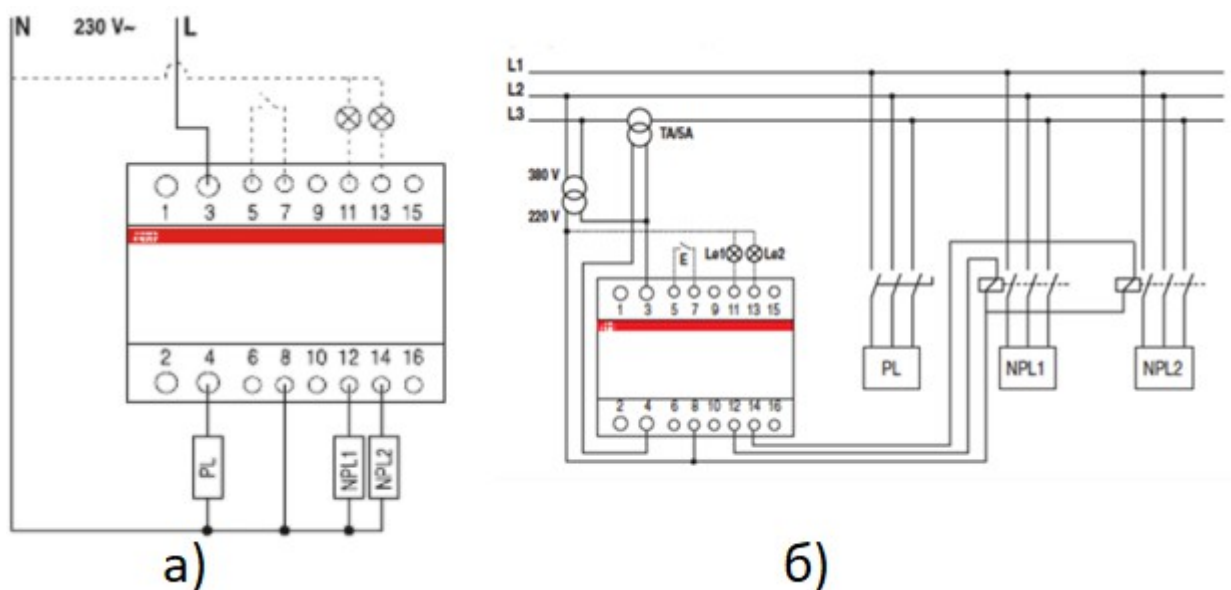


Рисунок 2.6 – Схеми підключення при однофазному (а) та трьохфазному (б) підключенню

Також до реле можливо підключити дистанційну сигналізацію, яка буде інформувати про відключення неперіоритетних ліній. Дане реле можливо використовувати при однофазному або трьохфазному підключенню.

Зазвичай на першу основну лінію підключають найбільш вагому техніку, таку як комп'ютери, сервера, основне світло, на першу неперіоритетну – кондиціонери, оргтехніку, а на другу світло в підсобних приміщеннях, розетки та інші не сильно необхідні пристрої які споживають електрику [8].

2.4 Механізми контролю підключенням електрообладнання

Механізм контролю за освітленням в приміщенні створений для управління освітленням в залежності від рівня освітлення навколо. Прилад досить простий в експлуатації та в підключенні. Принцип роботи заснований на функціях фотореле: при недостатній освітленості відбувається замикання контактів, в результаті чого включається освітлення. Коли збільшується рівень освітленості, контакти розмикаються, внаслідок лампи вимикаються автоматично (рис.2.7).

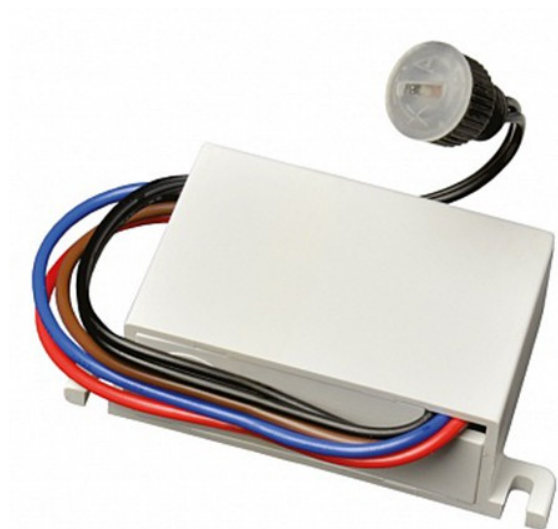


Рисунок 2.7 – Реле контролю освітлення відносно освітлення приміщення

Дозволяють істотно знизити витрату електроенергії, адже лампи будуть включатися в момент настання темряви. Такий пристрій має гнучкі налаштування, що дозволяє вмикати необхідну кількість світильників в тих місцях де це необхідно. Таких реле існує кілька видів, перший вмонтовується в електрощитову, другий вмонтовується під вимикач, останній – замість вимакача.

Для контролю освітлення в підсобних приміщеннях та коридорах доречним є використання реле з датчиками руху. Що дозволить вмикати світло тільки тоді, коли хтось знаходиться у приміщенні. Датчики руху в такі реле встановлюються з інфрачервоним світлом, для того щоб контролювати присутність саме людей і не спрацьовувати на кімнаті росли та техніку. Для економії енергії датчик працює тільки у темний час доби і включає світло на необхідний час. Датчик здатний самостійно визначати період доби.

Розумна розетка - електрична розетка (рис. 2.8), здатна вмикатися і вимикатися автоматично або по команді зі смартфона. Відповідно, розумна розетка дозволяє автоматизувати будь-який включений в неї прилад.

Основні застосування розумної розетки:

- можливість включати зі смартфона, підключені до нього електроприлади;

- автоматичне включення і вимикання приладів в заданий час;

- автоматичне включення і вимикання приладів за заданими умовами (наприклад, при спрацьовуванні датчика руху);

- повідомлення власникові при включенні або виключенні;

- вимір споживання електроенергії.

До такої розетки можливо підключити будь-яку техніку від звичайного комп'ютера до серверу. Контролюється все за допомогою мобільного додатку та підключається до основної системи. Також вона сигналізує про несправності у приладів до яких вона підключена та вимикає їх при короткому замиканні. Ця функція дозволить запобігти пожежі, які інколи

трапляються саме через несправність електрообладнання.



Рисунок 2.8 – Розумна розетка

В даний час існує велика кількість виробників такого приладу. Вибір для користування залежить тільки від цілей та коштів. Розумні розетки це гарний вибір, як для домашнього використання, так і для офісних будівель.

2.5 Автоматизована система комерційного обліку електричної енергії

Автоматизована система комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) - автоматизована система обліку електричної енергії, що складається з засобів вимірювальної техніки, а також обладнанню збору, обробки, зберігання і відображення інформації, засобів зв'язку і синхронізації часу, функціонально об'єднаних для забезпечення комерційного обліку електричної енергії.

Пристрій збору та передачі даних (ПЗПД) – мікропроцесорний пристрій (контролер) для запиту і прийому даних вимірювання та обліку від групи електрولیчильників по цифровим або іншим інтерфейсів, обробки

отриманих даних, передачі їх в канал зв'язку на верхній рівень АСКОЕ, а також зворотної передачі в електролічильники службових даних.

Метою організації комерційного обліку електроенергії є надання учасникам ринку повної і достовірної інформації про обсяги виробленої, відпущеної, переданої, розподіленої, що імпортується і експортується, а також спожитої електричної енергії в певний проміжок часу з метою подальшого використання для здійснення розрахунків між учасниками ринку.

Далі наведена спрощена структурна схема автоматичного обліку електроенергії з використанням АСКОЕ. Основним елементом є сервер, який збирає, зберігає та обробляє отримані дані. Дані надходять через різні типи підключення такий, як Ethernet, Wi-Fi або Bluetooth. Також до сервера підключаються робочі станції, які являють собою персональні комп'ютери з встановленим програмним забезпеченням використовуваної АСКОЕ.

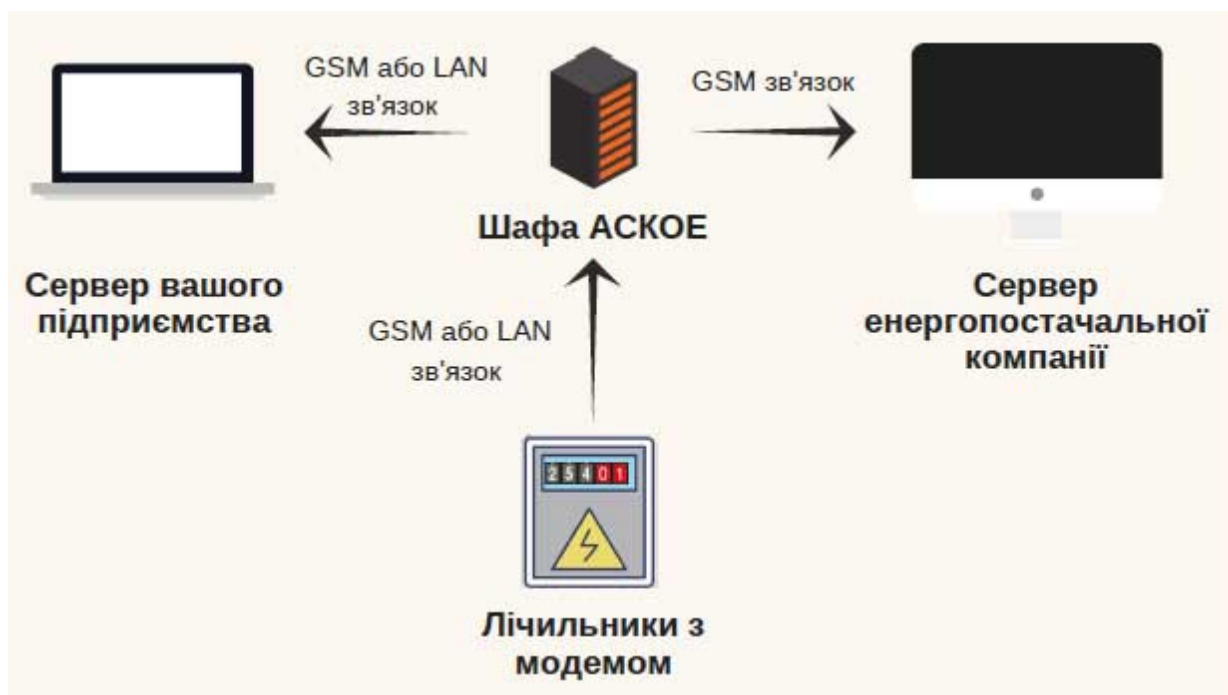


Рисунок 2.9 – Типова схема підключення АСКОЕ

Автоматизована інформаційно-вимірювальна система енергетичного технічного обліку призначена для організації внутрішнього енергетичного

обліку виробничих підприємств. Основними завданнями є:

облік спожитої електроенергії;

виявлення нераціонального використання електричної енергії;

зниження втрат електроенергії на основі аналізу облікових даних;

можливість використання даних споживання електроенергії для аналізу фінансово-економічної діяльності підприємства;

контроль за спожитою електроенергією через любий доступний девайс (телефон або комп'ютер), для моніторингу годин пікових навантажень та урегулювання таких проблем.

Система АСКОЕ дозволяє організувати оперативний та достовірний збір інформації, також доцільніше використовувати в парі з багатотарифним лічильником, що в свою чергу зменшить оплату за спожиту енергію. Також дозволить зменшити втрати електроенергії, завдяки контролю та аналізу даних. Така система повинна буди на кожному підприємстві задля розумного та цільового використання електроенергії.

Впровадження такої системи в кіберуніверситет є досить доцільним. Якщо на кожній кафедрі встановити лічильники, які з'єднати за допомогою АСКОЕ в одну систему, з'являється можливість слідкувати за витратами електроенергії та встановлювати норми на підрозділи окремо, для заощадження коштів. Якщо бюджет, закладений на постачання електроенергії, розділити на кафедри та установити норми споживання, заощаджені кошти можна буде перенаправити на удосконалення технічної складової тих кафедр, які не вийшли за рамки дозволеного [6].

2.6 Освітлення та інша периферія

Гарне освітлення – це необхідні умови для продуктивної роботи, як студентів, так і викладачів. Існує три типи штучного освітлення:

загальне – світильники розміщені рівномірно по стелі і дають загальне світло;

місцеве – створюється за допомогою світильників на робочих місцях для фокусування світла в місцях де воно необхідне;

комбіноване – складається з загального і місцевого світла, такий тип є найкращим для освітлення приміщень. Хоча кількість світильників більша при такому типі, але він економніший завдяки тому що, користувач може сам контролювати кількість світла яка йому необхідна, та не використовувати все світло.

Основними вимогами, що ставляться до сучасного освітлення є наступні: забезпечення найкращих умов зорової роботи, керування освітленням безпосередньо із робочого місця, енергоефективність, енергозбереження протягом усього періоду експлуатації, мінімізація шкоди навколишньому середовищу.



Рисунок 2.10 – Типовий приклад люмінесцентної лампи

Найчастіше в будівлях громадського значення використовуються люмінесцентні лампи (рис. 2.10). Такі лампи працюють та випромінюють світло в результаті електричного розряду в атмосфері інертних газів і парів металів, а також за рахунок явища люмінесценції. Вони працюють від 8 до 12 тисяч годин, освітлення близьке до природнього, споживання менше ніж у ламп розжарювання. Люмінесцентну лампу заборонено підключати напряму в електричну мережу тому що:

для запалювання дуги в люмінесцентній лампі необхідний попередній прогрів електродів і імпульс високої напруги;

від'ємний диференціальний опір лампи, через який після її ввімкнення струм у ній багаторазово зростає, і якщо його не обмежити, лампа вийде з ладу.

Для вирішення цих проблем застосовують спеціальні пристрої – дроселі, або ПРА, найбільш розповсюдженими з яких на сьогоднішній день є електромагнітний дросель із неоновим стартером та різні типи електронних дроселів.

Електромагнітний дросель підключається послідовно з лампою. Для запуску необхідно використовувати стартер, що представляє собою неонову лампу з біметалічними електродами і конденсатор. Дросель формує за рахунок самоіндукції імпульс, що запускає лампу, а також обмежує струм через неї. Перевагою електромагнітного баласту є простота конструкції, а серед недоліків виділяють наступні: довгий запуск (1..3 с в залежності від ступеня зносу лампи); більше споживання енергії, в порівнянні з електронною схемою; низькочастотний гул (100 Гц) від дроселя; мерехтіння лампи з подвоєною частотою мережі (502), що може зашкодити зору, а іноді буває небезпечним (через виникнення стробоскопічного ефекту люмінесцентні лампи з електромагнітним баластом не застосовують для освітлення рухомих частин верстатів і механізмів); великі габарити і маса.

Всіх цих мінусів позбавлений електронний дросель, він подає на електроди лампи напругу не з подвоєною частотою мережі, а високочастотну (20 – 60 кГц), в результаті чого мерехтіння ламп зникає. У випадку застосування електромагнітного дроселя можуть використовуватися два варіанти запуску ламп:

холодний запуск – лампа запалюється відразу після включення (така схема використовується у випадку, якщо лампа включається і виключається рідко, тому що режим холодного пуску більш шкідливий для її електродів);

гарячий запуск – запуск із попереднім прогрівом електродів, в такому випадку лампа запалюється не відразу, а після 0,5-1 с, що дає змогу подовжити термін її служби, особливо за частих вмикань і вимикань.

Споживання електроенергії при використанні люмінесцентної лампи в парі з електронним дроселем зменшує витрати на 20-25%, порівнюючи пару з електромагнітним дроселем. Використання такої системи з системами

автоматичного вмикання дозволяє заощаджувати до 50-60%. Мінусами такої системи є те, що в них використовуються пари ртуті, які є досить шкідливими для довкілля, також вони є крихкими, тому з ними треба бути досить обережними. Також їх необхідно правильно утилізувати, що теж створює певні проблеми.

Перспективним напрямком в економії електроенергії є використання світлодіодних ламп (рис. 2.11). Світлодіод – це напівпровідниковий прилад, що перетворює електричний струм безпосередньо в світлове випромінювання.



Рисунок 2.11 – Світлодіодний офісний світильник

Головними відмінностями від інших типів ламп є: високий ККД, відсутність чутливих складових та тривалий термін служби. Виробником заявлено до 100 тисяч годин роботи, це більше майже в 10 разів від люмінесцентних ламп. Але зазвичай світлодіодні лампи працюють в кращому випадку 50 тисяч годин, що є теж досить гарним показником. Причина всьому перегрів внутрішніх компонентів при тривалій дії та старіння кристалу. Старіння кристалу впливає на ступені яскравості та колір освітлення.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика світлодіодних та люмінесцентних ламп

Параметри	Світлодіодні лампи	Люмінесцентна лампа
Шкідливі випромінювання, наявність токсичних речовин	відповідає вимогам ROHS	УФ-випромінювання, люмінофорні напилення
Механічна стійкість	висока	низька
Пульсація	відсутня	залежить від типу ПРА
Втрата світлового потоку внаслідок поглинання і повторного відбивання матеріалом рефлектора	ні	так
Чутливість до електромагнітних полів	ні	так
Вимоги до спеціальної утилізації	відсутні	тільки спеціальна утилізація
Необхідність баласту/стартера	ні	так
Експлуатаційні витрати	низькі	високі
Термін роботи	до 100 тисяч годин	до 15 тисяч годин
Можливість підключення до системи розумний дім	можливо	можливо
Чутливе налаштування рівня освітлення	є	не має

Люмінесцентні лампи дозволяють за мінімальних вкладень отримати гарне освітлення, але найкращим варіантом для встановлення є світлодіодні лампи, вони є більш надійними та не шкідливі для людського зору.

2.7 Електричний автоматичний вимикач

Запорака гарної системи електропостачання - це стабільність та швидка

реакція на надзвичайні ситуації. Для таких цілей використовують автоматичні вимикачі.

Автоматичний вимикач складається з теплового та електромагнітного роз'єднувача, які відповідають за знеструмлення мережі при підвищеному та екстремальному навантаженні. Вони призначені для захисту електричних ланцюгів від перенавантаження та токів короткого замикання. Перевантаження електричної мережі при одночасному включенні великої кількості електричних приладів (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Приклад автоматичного вимикача

При виборі правильного автоматичного вимикача слід звернути увагу на наступні характеристики:

- номінальний струм;
- тип розмикача;
- крива відключення;
- вимикаюча здатність;
- кількість полюсів.

Номінальний струм - це максимальний пропускний струм, на який не реагує тепловий розмикач. Підбирається він по перерізу кабелю – площі

зрізу, достатньої, щоб пропустити певне навантаження і при цьому нагрітися не вище безпечної температури та піковому навантаженні на лінії - розрахункова сумарна потужність мережі, коли працює максимальна кількість споживачів.

Існує два типи розмикачів, тепловий - працює за рахунок біметалічної пластини, яка при нагріванні деформується і пускає в хід механізм розчеплення контактів та електромагнітний розмикач, який розмикає ланцюг при перевищенні номінального струму в рази (при короткому замиканні).

При виборі автоматичного вимикача треба правильно підрахувати номінальний струм. Якщо взяти автомат з меншим номіналом, чим необхідно, буде постійно вимикатися напруга, якщо взяти більший то система буде реагувати не вчасно, що може призвести до пожежі.

Існує три типи кривих відключення:

B - європейський стандарт з найменшою затримкою перед спрацьовуванням. Ставиться на лінії без передбачуваних пускових струмів: освітлення, нагрівальне обладнання та ін .;

C - характеризується середньою затримкою перед спрацьовуванням. Ставиться на комбіновані розеткові і силові лінії, де частково включені споживачі, що працюють на електродвигунах. Найпопулярніший варіант в будинках, квартирах, офісах та ін .;

D - з найбільшою затримкою, ставиться на лінії з потенційно високими пусковими струмами: свердловина, полив, гараж та ін.

Вимикаюча здатність – максимальний струм, який автоматичний вимикач може вимкнути та залишитись дієздатним. При виборі автомата треба звернути увагу на максимальну пропускну спроможність електричної мережі. Автоматичні вимикачі 4.5кА (4500А) застосовують для захисту ліній житлового фонду на номінальні струми до 25А. Апарати 6кА (6000А) широко використовують для захисту побутових і громадських ліній на номінальні струми до 63А. Автомати 10кА (10000А) використовують в основному в промисловості, на струми до 125А.

Полюс в даному випадку - це частина корпусу (один модуль) з двома гвинтовими клемми для приєднання проводів з протилежних сторін. Двополюсні призначені для установки на фазу і нейтраль, і при виникненні перевантаження або КЗ, вони розривають обидва контакти одночасно.

Вся справа в тому, що так надійніше. Наприклад, якщо через поломку раптом нульовий провід виявиться під напругою, то автомат з одним полюсом в такому випадку буде марним.

Найбільш поширений випадок, коли через помилку електрика страждає весь будинок. Наприклад, якщо під час робіт в розподільному щитку він переплутав фазу з нулем. Побутова техніка буде працювати, як і працювала, а от у випадку КЗ автомат з одним полюсом вже не захистить. Він розірве ланцюг на виході надмірної напруги з мережі, після того, як постраждає включене в розетку обладнання.

Зазвичай автомат з двома полюсами автомати встановлюють на ввіді, щоб захистити всю мережу або окреме електрообладнання підключене безпосередньо до щитка, наприклад кондиціонер або нагрівач.

Аналогічним чином застосовуються автомат з чотирма полюсами в трифазних мережах. Разом з фазними лініями одночасно розривається «нуль», за рахунок чого в мить відключається певну ділянку від електропостачання. Тому їх доцільно ставити на ввіді 380В або наприклад, для захисту трифазного електроприладів [9].

3 РОЗРОБКА МОДЕЛІ РЕГУЛЮВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ НА ЕЛЕКТРИЧНУ МЕРЕЖУ

3.1 Аналіз стану електромережі в університеті

Електромережа - це серце технічної складової любого підприємства, від стабільної роботи якої залежить робота всього університету. Електрична мережа університету розроблялась за часів, коли не було так багато електротехніки. З того часу її, звичайно, модернізували, але цього все одно не достатньо.

До університету підходять дві високовольтні лінії, які підключені до трансформаторів, які знаходяться на території. Після трансформаторів стоять лічильники з GSM модулем для передачі даних про споживання. Після лічильників установлені розподільні коробки по всій території, які рівномірно розподіляють електрику по кафедрам та підрозділам. В таких розподільних коробках знаходяться запобіжники від короткого замикання і при різкому стрибку вони перегорять. У приміщеннях знаходяться звичайні автоматичні вимикачі, які, за часту, розподілені на кондиціонер, розетки та світло.

Практика експлуатації такої системи показує, що вона не ефективна при великому навантаженні, розподільні коробки не справляються зі своєю задачею. Випадки перенавантаження трапляються частіше літом та зимою, коли вмикаються кондиціонери та нагрівачі у великій кількості. Також не має стабілізатора, який би корегував значення напруги в мережі, вся електрика проходить, так називаємо, транзитом від постачальника до підрозділів, що є дуже небезпечним, як для техніки так і для приміщень вчасності через великий ризик пожежі.

Також не має ніяких контролюючих датчиків, які б показували місця з найвищим використанням електроенергії та дозволило б контролювати за

несанкціонованими втратами. Слідкування за витратами допомагає не тільки заощаджувати кошти, а й розуміти які приміщення потребують більше електроенергії, що дозволить перерозподілити систему електропостачання.

3.2 Блок схема контролера

Блок схема необхідна для повного розуміння побудови контролера, який слугує для передачі інформації на сервер. На рисунку 3.1 представлена функціональна схема роботи контролера.

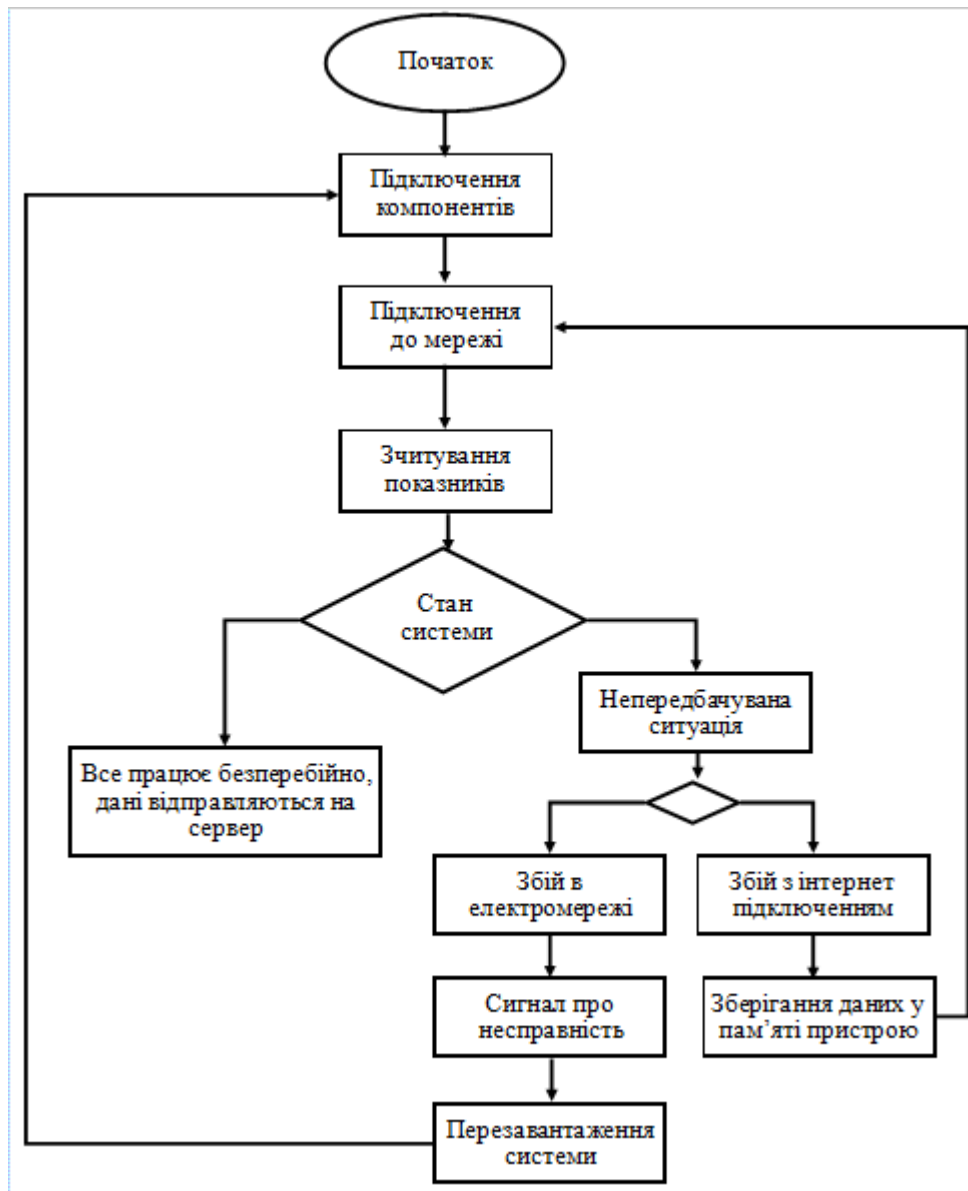


Рисунок 3.1 – Блок схема

На цій схемі представлена модель роботи контролера. Вона охоплює всі етапи роботи контролера. Контролер підключається до електромережі, далі йде налаштування та підключення до інтернет мережі. Після всіх налаштувань розпочинається безперервне зчитування даних та передача їх на сервер. Якщо в системі відбуваються різні несправності система йде на перезапуск, якщо зникає інтернет підключення дані зберігаються на внутрішню пам'ять і після підключення передаються на сервер.

3.3 Рівень апаратної частини

На даному рівні відбувається зчитування фізичних показників з мережі та з датчиків контролю за освітленням та з розеток. Дані за допомогою інтернет мережі передаються на сервер звідки транслюються у додатку на мобільному пристрої. Зчитування відбувається через певний проміжок часу.

Основною складовою контролера є Arduino з Wi-Fi модулем, вони підключаються через трансформатор, який знижує напругу. Також підключені екран для виводу інформації, такої як напруга в мережі та навантаження, клавіатура для фізичного контролю та світловий індикатор, який сигналізує про несправності.

Після контролера підключене реле пріоритету, яке захищає систему від перенавантаження та слугує запобіжником від коротких замикань та сплесків електроенергії. Воно не має доступу до інтернет мережі і слугує як запобіжник.

Далі йдуть контролери освітлення з датчиком освітлення та розумні розетки, які вільно підключаються до системи та до мобільних пристроїв завдяки влаштованим Wi-Fi контролерам. Ці датчики підключаються самостійно і керуються з мобільного пристрою по одному, що дозволяє керувати всіма електроприборами на відстані та відключати їх коли вони не використовуються.

3.4 Проектування моделі системи регулювання навантаженням

Система електропостачання в університеті повинна бути ефективною та контролюватися на всіх рівнях розподілення. Для ефективного споживання та контролю необхідно, щоб був встановлений двотарифний лічильник, він найкраще підходить для економії коштів, за рахунок зниженої вартості за використання вночі, та промисловий стабілізатор, щоб зберегти всю системи від стрибків напруги та урівнював її. Далі розподілення відбувається по аудиторіям, кафедрам, підрозділам (рис. 3.2).

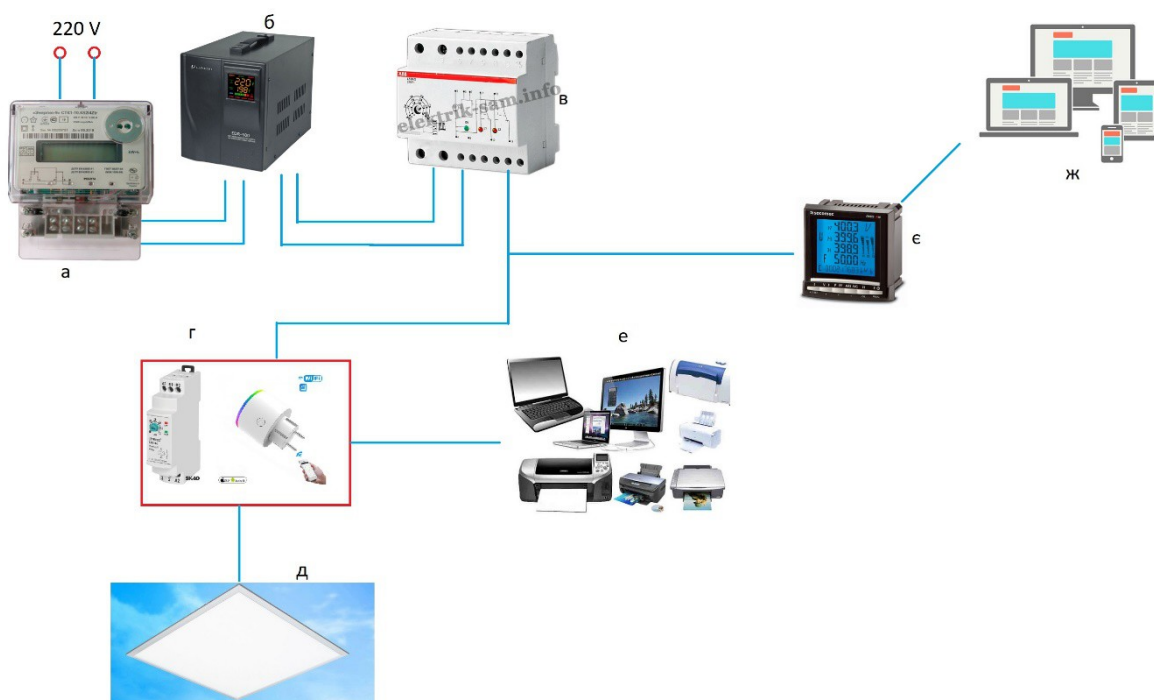


Рисунок 3.2 – Модель схеми електромережі: а) лічильник; б) стабілізатор напруги; в) реле управління навантаженням; г) різні датчики контролю; д) освітлення; е) оргтехніка; є) автоматизована система контролю і обліку енергоресурсів з GSM модулем; ж) пристрої зберігання та обробки даних.

Ця модель є правильним та гарним рішенням. Якщо крім основного лічильника установити додаткові на підрозділі, кафедри, то така система дозволить контролювати витрати та встановити ліміт грошей, які вони

можуть витратити на електроенергію. Якщо кафедра витратила менше електроенергії, вільні кошти, які залишаються, вони б змогли направити на оновлення старої техніки, або на купівлю нового обладнання. Завдяки чому зростала б конкурентна спроможність і збільшувався б попит як від студентів, так і від молодих викладачів, що в цілому б гарно посприяло всьому університету [13].

Головним мінусом такої системи є те що, вона є досить затратною для встановлення всіх компонентів одночасно. Тому замість повного перепланування електромережі, треба спроектувати модель системи, яка б була універсальна за рахунок компонентів та була б модульною для поступового впровадження [14]. Така система регулювання навантаженням повинна відповідати наступним критеріям:

- інформація повинна бути доступна в онлайн режимі;

- керування елементами освітлення та розетками через смартфон;

- індикація стану навантаження;

- повинний бути захист від непередбачуваних ситуацій;

- автономне освітлення;

- система повинна бути гнучка, для встановлення в різних приміщеннях;

- можливість поступового впровадження;

- керування в ручну та віддалено;

- економність та ефективність.

Далі буде представлена модель системи, яка повністю відповідає критеріям (рис. 3.3).

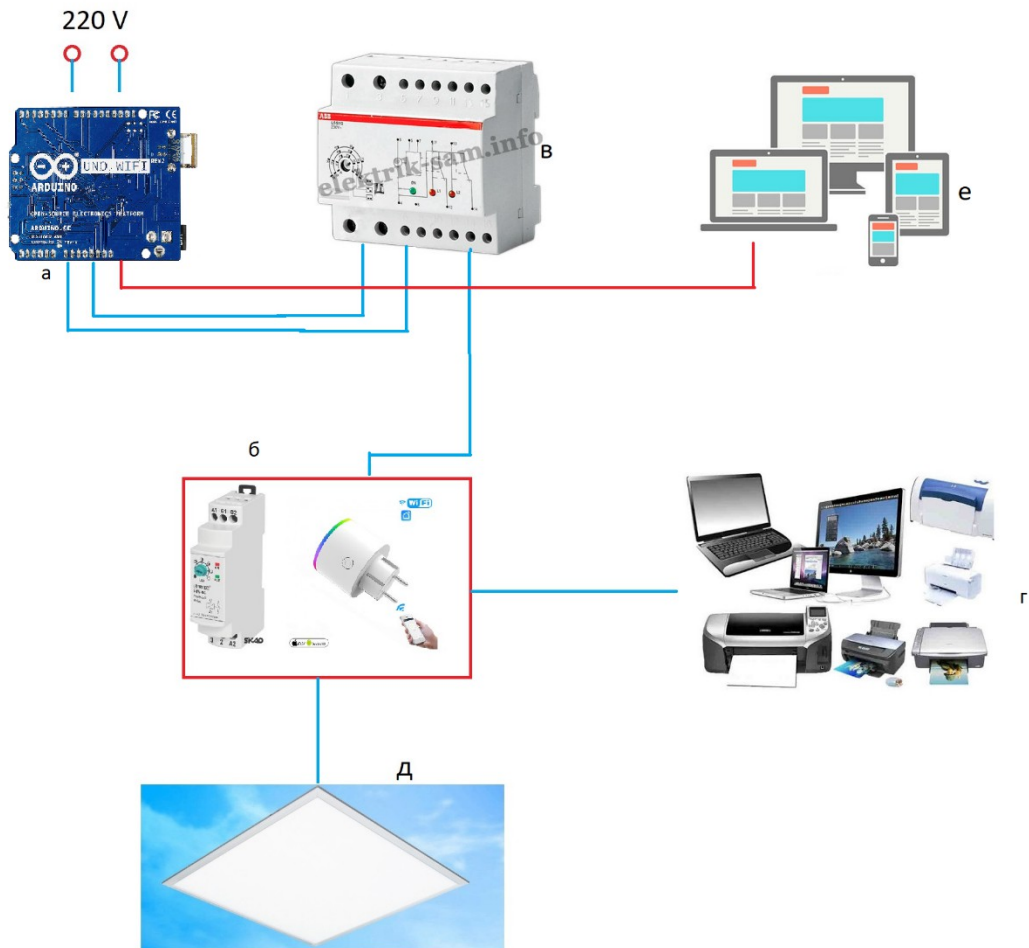


Рисунок 3.3 – Універсальна модель системи контролю навантаження (а) контролер системи (Arduino + Wi-Fi); б) різні датчики контролю; в) реле управління навантаженням; д) освітлення; г) оргтехніка; ж) пристрої зберігання та обробки даних.)

Компоненти цієї схеми повністю відповідають поставленим цілям. Вона є універсальною завдяки платформі Arduino до якої підключений Wi-Fi модуль. Платформа Arduino слугує лічильником, завдяки якому можливо знімати показники спожитої енергії на місці та передавати їх на сервер, звідки транслювати на телефон та будувати звітність. Також вона дозволяє з легкістю підключати різні типи датчиків за контролем вологості, температури або охоронна система.

В даній моделі системи не доцільно розроблювати реле пріоритетів, тому що існують вже готові рішення, які повністю відповідають цілям і не є

затратними. Всі датчики та контролер об'єднуються за допомогою інтернет мережі та керуються за допомогою телефона. Також є фізичний контроль, який досить корисний при відключенні інтернету.

Платформа Arduino [11] підключена через трансформатор. Він підключається на вхідну лінію електромережі, для зчитування показників напруги, навантаження мережі в даний момент та передає всі дані на сервер. Додатковими компонентами є годинник для встановлення поточного часу, монітор для виводу інформації, 4 кнопки для налаштування годинника, GSM модуль для зв'язку з сервером (рис. 3.4).

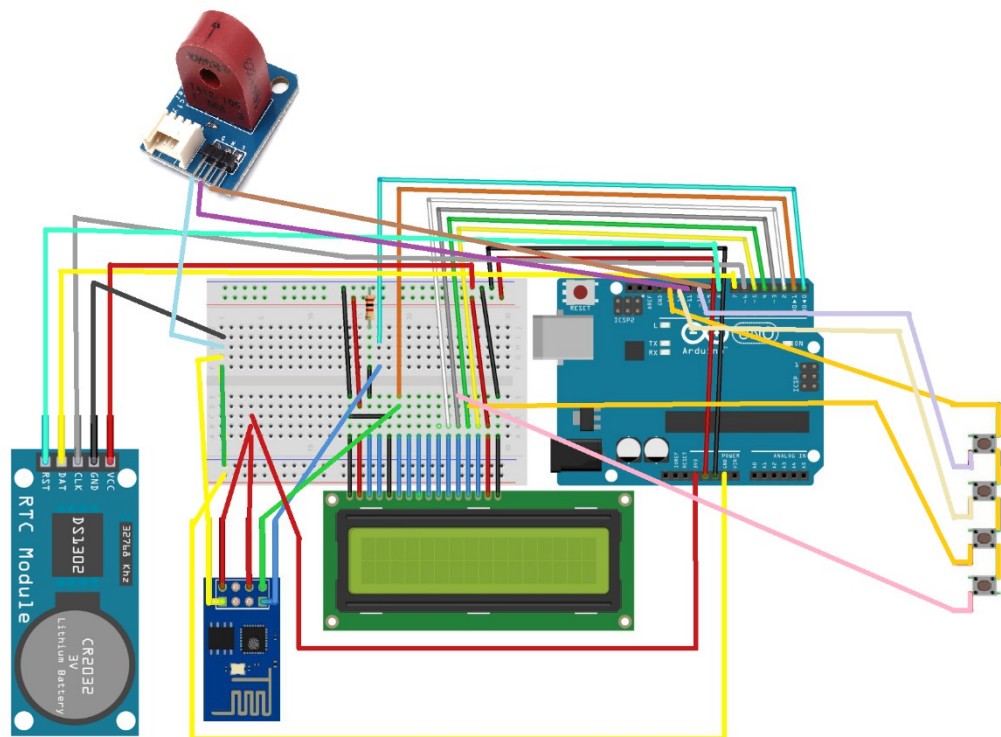


Рисунок 3.4 – Модель контролера

Контролер є універсальним та підійде для любых типів електромереж. Завдяки бездротовому підключенню до мережі не доведеться прокласти додатковий Ethernet кабель. Налаштування відбувається за допомогою кнопок, вони задають час та перемикають режими відображення інформації. Також до цієї системи додаються інші типи датчиків, що робить цей контролер центром любої IoT [16].

Платформа Arduino дозволяє без особливих умінь створити унікальну систему за невеликі кошти. Під час написання програмного коду для контролера слід звернути особливу увагу на функцію, яка буде відповідати за передачу даних на сервер. Зчитування даних відбуваються кожні 5 секунд та оновлюються на сервері, більш частішого зчитування не вимагається, бо електрична мережа, зазвичай, збільшує або зменшує навантаження поступово. Далі наведений приклад 3.1 функції, яка відповідає за передачу даних до сервера.

```
void SendingData(int alarm) {
    request = "GET /update/secret_key/";
    request+=secret_key;
    request+="/data/";
    request+=analogRead(A5);
    request+="/alarm/";
    request+=alarm;
    request+="/ HTTP/1.1";
    if(client.connect(server, 80)) {
        client.println(request);
        client.println("Host: pomertracker.com");
        client.println("User-Agent: [Arduino]");
        client.println("Connection: close");
        client.println();
    } else {
        client.stop();
        client.flush();    }}
```

Приклад 3.1 – Функція передачі даних на сервер

Приклад 3.1 - це типовий приклад функції передачі необхідних даних від Arduino на сервер. Цей код знаходиться у вільному доступі, любий користувач може ним скористатися та доповнити. Зберігання даних на сервері дозволяє користуватися ними з любого пристрою, наприклад телефоном. Такий підхід дозволяє керувати витратами на відстані та вчасно реагувати на різні надзвичайні ситуації. Також всі дані, які надходять, можуть бути згрупованими та переведені у графіки. Ретельне спостереження за витратами дозволяє спрогнозувати кількість витрат на той чи інший період, що дозволяє правильно розподіляти кошти. Завдяки функції, яка представлена у прикладі 3.2, дані виводяться у додатку до смартфона, що

дозволяє завідуючим кафедри стежити за споживанням за їх відсутності [10].

```
private static ImageAPI imageAPI;
private static NetManager INSTANCE;
static NetManager getInstance() {
    if (INSTANCE == null) {
        synchronized ((NetManager.class)) {
            if (INSTANCE == null) {
                INSTANCE = new NetManager(); } } }
    return INSTANCE; }
```

Приклад 3.2 – Функція зчитування даних з сервера та відображення у мобільному додатку

Дана функція дозволяє в режимі реального часу переглядати за станом напруги в мережі та кількість спожитої електроенергії (рис. 3.5). В самому додатку може бути будь-яка інформації. В нашому випадку нас цікавить навантаження на мережу в даний момент, статистика за тиждень, за місяць та в загальному за рік. Також доцільним було б додати можливість керування підключеними приладами, завдяки розумним розеткам [12].

Мобільний телефон в наш час це саме той девайс, за допомогою якого ми можемо переглядати будь-яку інформацію та керувати будь-чим, у чого є доступ до мережі або Bluetooth модуль. Керування елементами мережі здійснюється через інтернет мережу за допомогою мобільного пристрої.

Далі наведений типовий приклад додатку для мобільного пристрою, який демонструє інформацію з сервера, а також може контролювати прилади, які підключені до мережі Internet [17].

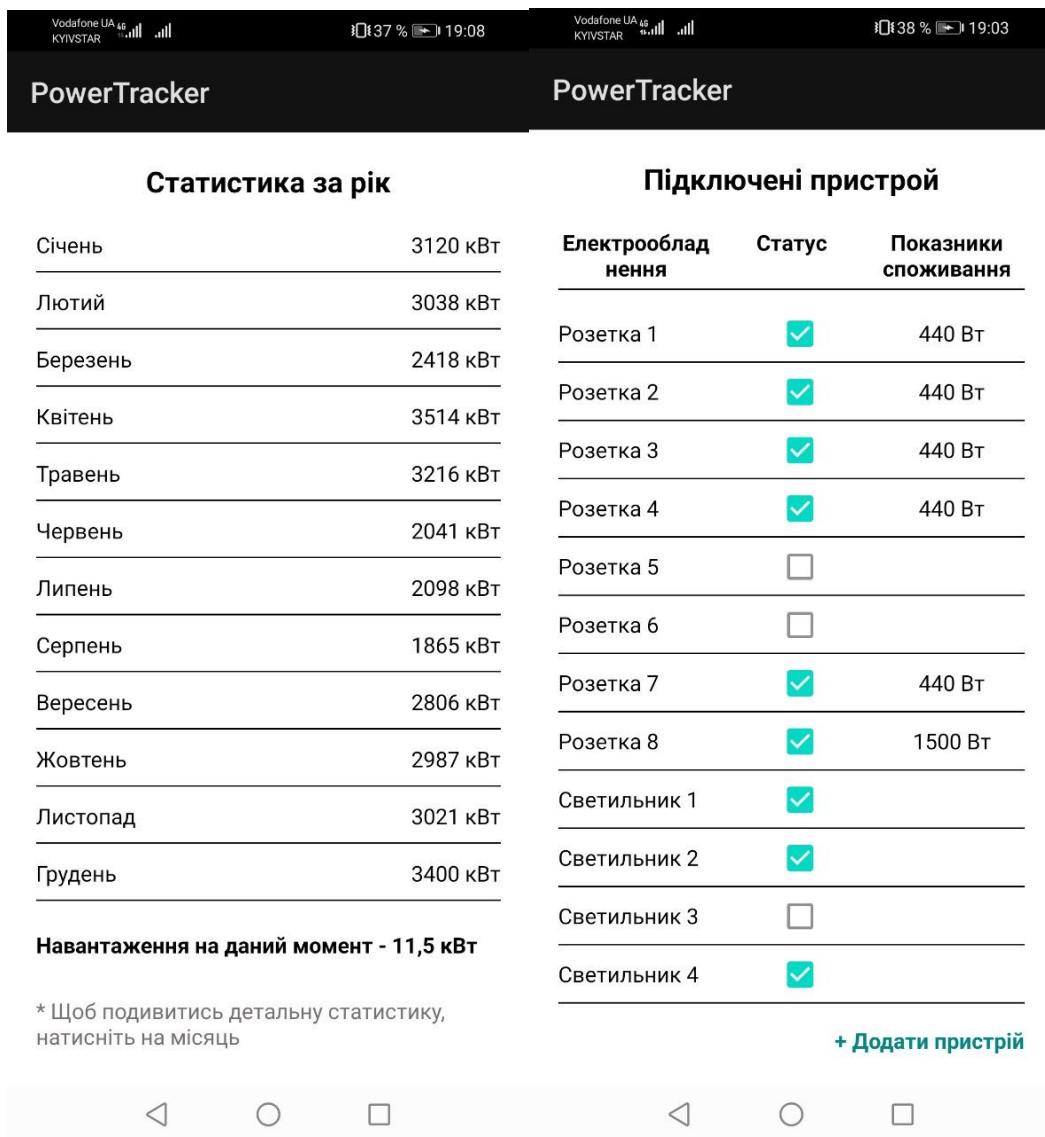


Рисунок 3.5 – Приклад додатку для моніторингу та керування електричною мережею

Наступним в схемі йде реле управління навантаженням. Воно встановлюється вже після Arduino для контролю та регулювання навантаження на мережу. Цей компонент є найбільш важливим так, як саме він зведе до мінімуму ймовірність перенавантаження мережі та дозволить вчасно скорегувати кількість навантаження. Воно є досить простим у налаштуванні та в установці. Зазвичай він встановлюється у захисний щит де знаходиться вся електроніка.

Далі йдуть елементи керування освітленням та розумні розетки. Ці

компоненти за допомогою Bluetooth або Wi-Fi з легкістю підключаються до мережі, що дозволяє керувати ними на відстані. Також розумні розетки знімають показання по напрузі в мережу та в разі поломки пристроїв вимикають його з мережі для запобігання пожежі. Освітлення кімнат буде здійснюватися за допомогою LED-ламп, відповідно до порівняльної таблиці 1, це найкращий варіант для економії.

Керуватися система буде за допомогою двох речей, перше - це фізичне управління Arduino, для цього там є відповідна клавіатура, друге - з телефона, де будуть зібрані всі дані по споживанню та контроль за датчиками.

Така система є досить гнучкою та дозволяє інтегрувати різні типи датчиків, такі як термометри, датчики вологості, охоронна система та ін.. Платформа Arduino, завдяки своїй універсальності, з легкістю справляється з будь-якими поставленими задачами.

4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Порівняння існуючих рішень з моделлю системи

Порівняння буде здійснюватися за однакових умов та схожих компонентів з єдиною різницею – це головний контролер. За приміщення було обрано звичайне приміщення площиною 30 квадратних метрів та висота стелі 2,8 м, також встановлені 3 вікна, які днем дають достатньо світла. Згідно ДСТУ в такому приміщенні встановлено 8 світильників по 4 лампи у кожному. Також у нас є один сервер який за 24 години споживає 7,2 кВт, 12 комп'ютерів, які за 8 годинний робочий день споживають 26,4 кВт та інша оргтехніка, яка в середньому, при роботі споживає 3 кВт, а в режимі очікування за 24 години може споживати до 2 кВт.

У першій системі встановлений контролер споживання фірми БАКЛЕР, згідно порівняльної характеристики у першому підрозділі. В ньому вже влаштований контролер пріоритетів. Також є захист по трьом рівням, які вибираються вручну, дивлячись на вимоги Використовуються люмінесцентні світильники з електроним дроселем. Виробником заявлено до 15% економії.

Друга система без використання усіяких контролерів та запобіжників. Світильники люмінесцентні з дешевим ПРА.

У третій системі буде використана модель системи контролю навантаження на мережу з урахуванням всіх вимог, за токої умови економія електроенергії може бути до 30% . В ній використовуються LED-світильники з датчиками освітленості. Також додатково біля кожного комп'ютера буде встановлений світильник для підсвічення робочого місця.

Рисунок 4.1 – Графік споживання електроенергії в звичайному режимі

На рисунку 4.1 представлено графік споживання аудиторією за

тиждень роботи. На ньому видно, в який день використовувалось більше електроенергії, а також видно, що в неділю, коли приміщення зачинене, сервер з електроприборами, які знаходяться в режимі очікування споживають 40 кВт.

Рисунок 4.2 – Графік порівняння споживання електроенергії системою БАКЛЕР

На рисунку 4.2 представлено порівняння графіків споживання за однаковий проміжок часу при однакових умовах звичайної системи та БАКЛЕР. На ній видно, що споживання зменшилось приблизно на 10%. Цей показник є досить гарним, але його можливо покращити. Така економія завдяки впровадженню нового освітлення та самої системи БАКЛЕР. Тепер працівники можуть на відстані вимикати прилади, які забули увімкненими, що зменшує небезпеку створення пожежі.

Рисунок 4.3 – Графік порівняння споживання електроенергії змодельованої системи

На рисунку 4.3 показано порівняння спожитої електроенергії з підключенням змодельованої системи та з виконанням усіх поставлених вимог. На графіку чітко видно, що споживання зменшилось до 20%. Завдяки модулям керування освітленням, світло автоматично регулюється для комфортної роботи, також розумні розетки вимикають прилади, які знаходяться у режимі очікування.

4.2 Етапи впровадження системи

Головний фактор по впровадженню такої системи - це економічна доцільність. Як видно з порівняння, така система зменшує витрати від 20-30%, в масштабах університету – це економія в кілька сотень тисяч гривень кожний рік. Розрахунок приблизної вартості системи наведений у таблиці 2.

Таблиця 2 – Вартість компонентів системи

Назва компоненту	Вартість, грн.
Arduino	100
Модуль годинника	32
LCD екран	62
Wi-fi модуль	85
Трансформатор	49
Реле пріоритетів	1000
Датчик освітлення	235
Розумна розетка	300
LED світильник	159
Загальна вартість	2022

Відповідно до таблиці 2, видно, що система не є затратною але користі та економії від неї в кілька разів більше.

Розпочати впровадження такої системи треба зі зміни люмінесцентних ламп на LED-світильник з датчиком освітлення, тільки завдяки цьому компоненту загально економія буде складати від 5-10%. Наступним треба встановити реле пріоритетів, яке буде захищати оргтехніку від збоїв в мережі та мінімізує вірогідність вимкнення електроенергії. Далі слід впровадити контролер, модель якого представлена на рисунку 3.4 для моніторингу витрат.

ВИСНОВКИ

В ході виконання атестаційної роботи було проаналізовано структуру сервісу доступу до інфраструктури у складі кіберуніверситету. Роль та місце системи енергоспоживання у кіберсоціальному просторі визначено у доступі до фізичних ресурсів розглянутого сервісу.

Результати дослідження показують, що впровадження такої моделі системи в електричну мережу університету, істотно знижуються показники витрат на електроенергію. Також з'являється контроль за неконтрольованими втратами енергоресурсів (в даному випадку електропостачання) та зменшується вірогідність виходу з ладу пристроїв завдяки системі захисту. А з використанням сучасних освітлювальних приладів, тарифікованих лічильників та зовнішніх датчиків контролю, показники витрат додатково знижуються.

Також в ході виконання атестаційної роботи розроблено модель системи контролю навантаження на електричну мережу з використанням апаратної платформи Arduino та клієнт-серверною частиною, на основі мобільного додатку. Завдяки Wi-Fi модулю, система може виводити інформацію не тільки на сервер, а ще й на мобільний пристрій, що дозволяє контролювати споживання будь-де.

Проведена порівняльна характеристика показників використаної електроенергії з залученням моделі системи відносно звичайної системи. Завдяки модульності системи, її впровадження не буде сильно затратним для впровадження. Також розроблено етапи впровадження до структури доступу до інфраструктури у складі кіберуніверситету.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення / Ч.Ван, С. П. Яцишин, О. В. Лиса, А. В. Мідик..
2. Киберсоциальная система – умный кибер-университет / В.И. Хаханов, Е. И. Литвинова, С.В. Чумаченко, А.С. Мищенко, 2016 – 79 р.
3. Шостак М. В. Arduino - універсальна платформа для створення розумного будинку / Максим Віталійович Шостак. // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті. – 2020. – №24. – С. 65–66.
4. Шостак М. В. Переход от физических вычислений к сервисам Cloud / М. В. Шостак, І. В. Михайліченко. // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті. – 2018. – №22. – С. 92–93
5. Шостак М. В. Internet of things / Максим Віталійович Шостак. // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті. – 2019. – №23. – С. 84–85.
6. McRoberts, M. Arduino Starter Kit Manual: A Complete Beginners guide to the Arduino [Текст] / М. McRoberts. – USA: Apress, 2009 – 105 р.
7. АСКУЭ. Комплекс технических и программных средств «Энергомера». Прозрачные решения / ЗАО «Энергомера». – Ставрополь, 2013. – 8 с.
8. Кычкин А.В. Программно-аппаратное обеспечение сетевого энергоучетного комплекса // Датчики и системы. – 2016. – № 7(205). – с. 24 – 32.
9. Реле приоритета [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://elektrik-sam.info/rele-prioriteta-avtomaticheskoe-upravlenie-nagruzkoy/](http://www/ URL: https://elektrik-sam.info/rele-prioriteta-avtomaticheskoe-upravlenie-nagruzkoy/) – Загол. з екрану.
10. Выбор автомата [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://www.isolux.ru/articles/index/view/id/222/](http://www/ URL: https://www.isolux.ru/articles/index/view/id/222/) – Загол. з екрану.
11. Отправка данных с Arduino на сервер [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://cxem.net/arduino/arduino174.php](http://www/ URL: https://cxem.net/arduino/arduino174.php) – Загол. з екрану.

11. Arduino Home. [Электронный ресурс] / Режим доступа www.arduino.cc/ 10.09.2018 г. – Загол. з екрану.
12. Тумаков А.В., Лондер М.И., Единое информационное пространство как основа создания интегрированной системы управления электрическими сетями России // Естественные и технические науки. – 2010.– № 4(49). – С. 378–383.
13. Анализ эксплуатационной надежности оборудования электрических сетей / М.Ш. Мисриханов, А.Н. Назарычев, А.И. Таджибаев [и др.] // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: сб. науч. тр. – М.; Н. Новгород, 2010. – Вып. 58. – С. 75–84.
14. . Alekseev A. Plans for improving the efficient use of electricity in Europe: the role of power electronics // Energoekspert. – 2009. – № 6. – Pp. 82–84.
15. Стогній Б.С., Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / О. В. Кириленко, С.П. Денисюк// УДК 621.31 – 2012. - №5.
16. Савченко Н.А. Методы оптимизации энергетических систем / Н.А. Савченко, О.В. Субботин // Вестник ДГМА. – 2006. – №2. – С. 190 – 194.
17. Savchenko N. Analysis of risks while connecting to the power supply system of the administrative building of the kinetic energy storage unit for the purpose of load regulation / S. Shevchenko, N. Savchenko // Вісник тернопільського національного технічного університету. – 2017. – 3(87). – С. 117 – 126.