

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 02 » лютого 2022 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Рудянину Віталію Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення енергоефективності системи електропостачання навчального закладу Житомирський державний університет імені Івана Франка

Керівник роботи Оліярник Петро Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 01 » лютого 2022 року № 4/7-76

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Характеристика споживачів електричної енергії, схема електропостачання навчального закладу, графіки електричних навантажень, параметри Електроспоживання навчального корпусу

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

Споживання електричної енергії споживачами навчального закладу. Графік споживання електричної енергії кВт·год. Динаміка споживання електричної енергії за 2021 рік. Типова структура АІВС КОЕ. Графік активного навантаження. Графік споживання реактивного навантаження. Відхилення міжфазних напруг. Відхилення фазних напруг. Перелік енергозберігаючих заходів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи хорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 07 лютого 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2022	
2	Аналітичний розділ	28.02.2022	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2022	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2022	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2022	
6	Висновки	10.06.2022	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2022	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2022	

Студент

(підпис)

Рудянин В. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Оліярник П. М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Рудянин Віталій Олегович. Підвищення енергоефективності системи електропостачання навчального закладу Житомирський державний університет імені Івана Франка.

Стор.– 53; рис. - 14; табл. - 12; креслень - 6; джерел - 26; додатків - - .

У цій випускній кваліфікаційній роботі розроблені заходи по підвищенню енергетичної ефективності системи електропостачання навчального закладу. Даний об'єкт виконує найважливіше соціальне завдання, що полягає підготовці фахівців у сфері вищої освіти.

Формування комфортного середовища для тих, що навчаються сильно залежить від використовуваного електрообладнання для навчання і системи освітлення. При цьому зниження витрат на енергоресурси освітніх установ є пріоритетним завданням.

При розробці заходів по підвищенню енергетичної ефективності системи електропостачання навчального закладу проведений аналіз витрат електричної енергії, розглянута існуюча систем електропостачання, розглянуті вимоги до заходів із підвищення енергетичної ефективності, розрахований економічний ефект.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ОСВІТЛЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ВТРАТИ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ОСВІТЛЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	<u>6</u>
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	<u>8</u>
1.1 Впровадження енергоефективних систем освітлення в навчальних приміщеннях	<u>8</u>
1.2 Коротка характеристика об'єкту обстеження	<u>14</u>
1.3 Характеристика системи електропостачання	<u>14</u>
1.4 Висновки до розділу 1	<u>16</u>
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	<u>17</u>
2.1 Електросилове обладнання	<u>17</u>
2.2 Система освітлення приміщень	<u>19</u>
2.3 Організація обліку споживання електричної енергії	<u>19</u>
2.4 Аналіз і структура споживання електроенергії	<u>21</u>
2.5 Розробка заходів із підвищення енергетичної ефективності навчального закладу	<u>23</u>
2.6 Підвищення економії електричної енергії в системі освітлення	<u>24</u>
2.7 Вибір освітлювальної апаратури і розрахунок споживаної потужності	<u>26</u>
2.8 Висновки до розділу 2	<u>32</u>
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	<u>33</u>
3.1 Автоматизація управління освітленням в навчальному закладі	<u>33</u>
3.2 Впровадження системи АІВС КОЕ	<u>33</u>
3.3 Додаткові заходи з енергозбереження і підвищенню енергетичної ефективності	<u>36</u>
3.4 Економічна ефективність	<u>36</u>
3.5 Результати вимірів якості електричної енергії	<u>40</u>
3.6 Розрахунок втрат, обумовлених допустимими погрішностями системи обліку електроенергії	<u>42</u>
3.7 Висновки до розділу 3	<u>43</u>
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	<u>44</u>
4.1 Основні причини ураження людини електричним струмом	<u>44</u>
4.2 Захисне заземлення та занулення	<u>45</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	<u>50</u>
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	<u>51</u>

ВСТУП

Система електропостачання – це сукупність електричних установок, призначених для забезпечення споживачів електроенергією. До складу системи електропостачання освітньої установи входять живлячі кабельні лінії, внутрішня проводка, система обліку, система освітлення, електрообладнання.

Підвищення енергоефективності існуючої системи електропостачання навчальних закладів є актуальним завданням, так сучасні енергозберігаючі технології постійно розвиваються і клас енергоефективності сучасного електрообладнання і систем освітлення удосконалюється [1].

Характерною особливістю освітніх установ полягає в тому, що багато електрообладнання має низький клас енергоефективності, а встановлені джерела світла істотно поступаються в частині енергозбереження сучасним джерелам світла на базі світлодіодних світильників [2].

Оскільки доля витрат на електричну енергію у великих навчальних закладах складає близько 40%, те підвищення енергоефективності системи електропостачання є одним з пріоритетним завданням в системі освіти [1].

Актуальність теми кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в розробці заходів із підвищення показників в частині електрозбереження в системі електропостачання навчального закладу Житомирський державний університет імені Івана Франка.

У рамках кваліфікаційної роботи дано об'єкт, для якого необхідно пропрацювати потрібні заходи із підвищення енергетичної ефективності у відповідності існуючими вимогами енергозбереження [3,4].

Метою цієї кваліфікаційної роботи є формування переліку заходів із підвищення енергоефективності існуючої системи електропостачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести коротку характеристику освітньої установи;
 - провести аналіз споживання електричної енергії;
 - провести аналіз електроприймачів і існуючої системи освітлення;
 - провести аналіз комерційної системи обліку електричної енергії;
 - розглянути заходи із підвищення енергетичної ефективності для навчальних закладів.
- розробити заходи по із підвищення енергетичної ефективності системи електропостачання навчального закладу;
 - розрахувати економічну ефективність запропонованих заходів.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Впровадження енергоефективних систем освітлення в навчальних приміщеннях

Сучасні проблеми енергоефективного освітлення багатогранні та мають широкий спектр. І це справді актуально, оскільки дефіцит енергії стає проблемою дедалі більшої кількості міст [9].

Нині енергозбереження є одним із пріоритетних завдань, що зумовлено дефіцитом основних енергоресурсів, зростаючою вартістю їх видобутку, а також глобальними екологічними проблемами. В Україні останні 5 років потреба у електроенергії збільшилася в 2,5 разу. За різними оцінками, до 40% всіх енергоносіїв, що використовуються в нашій країні, витрачається нераціонально. Великими споживачами енергоресурсів є навчальні заклади (НЗ), до яких належать вищі навчальні заклади. Питоме споживання енергоресурсів (на 1 м²) в НЗ України у 2-4 рази вище, ніж у країнах Західної Європи, США та Канади. За статистичними даними, питомі витрати на комунальні послуги (на 1 м²) в НЗ щорічно зростають на 25-30% і за період з 2012 р. по 2019 р. збільшилися у 3,5 рази, а на одного учня – у 3,1 рази. При цьому переважають витрати на теплову енергію – до 70% (тут і далі показано максимальні межі інтервальної оцінки), витрати на електроенергію – до 40%, на водоспоживання та водовідведення – до 20%. Аналіз функціонування НЗ показує, що у них нераціонально використовуються енергоресурси, фактичні втрати теплової та електричної енергії, води, як правило, не визначаються. Приблизно 25% витрат на оплату комунальних послуг – наслідок неефективного використання енергетичних ресурсів та неефективного керування ними. Ці негативні наслідки обумовлюють об'єктивну необхідність економії енергоресурсів та актуальність проведення цілеспрямованої політики енергозбереження в НЗ. ВНЗ мають переважно п'ять груп споживачів

електроенергії: освітлення (50-70%), споживачі з електродвигунами (10-30%), різні нагрівальні установки,

Одним із шляхів вирішення проблеми витрат на електроенергію є зниження споживання електроенергії без погіршення якості освітлення.

За розрахунками експертів Міжнародної енергетичної комісії, до 2025 року заплановано подвоєння споживання електрики порівняно з 2007 роком. І освітлення, напевно, один із тих швидких можливих шляхів підвищення енергоефективності, який може бути прийнятий у нашій країні.

Економія електроенергії – вкрай важливий аспект життя сучасного людського суспільства, що стосується виробничої сфери, і побут кожного окремо взятого індивідуума. Адже нерозумне споживання цього досить дорогого виду енергії може призвести до значних витрат, що може суттєво позначитися як на добробуті людини, так і на розвитку підприємства.

На сьогоднішній день ринок пропонує цілий спектр енергозберігаючих технологій, що працюють в системах освітлення і спрямованих на зниження витрат по його організації. Причому, сучасні джерела світла дають якісніші характеристики освітленості. Такі, як вищий індекс кольору і відсутність пульсації світлового потоку.

Існують найрізноманітніші шляхи економії електроенергії, які можуть бути або ефективними, або не дуже. У системи економії електроенергії на підприємствах і в організаціях повинні входити і контроль за режимом горіння освітлювальних приладів, і встановлення в схемах електропостачання пристроїв захисного відключення, використання реле часу, датчиків присутності і руху і комплексна заміна застарілого електрообладнання на більш досконале, а значить, і більш економічне. Крім того, для організацій та підприємств рекомендується проведення низки заходів для зменшення обсягу використовуваних енергетичних ресурсів за умови збереження відповідного корисного ефекту від їх використання.

У всьому світі, зокрема, в країнах, що входять до Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), до основних енергозберігаючих дій у галузі освітлення можна віднести:

- Впровадження напівпровідникових, світлодіодних джерел світла (СНІР-N-BOARD, LED);
- Використання компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ);
- встановлення електронних пускорегулюючих пристроїв (ЕПРА);
- широке використання систем автоматичного регулювання освітлення залежно від зовнішніх факторів (системи керування зовнішнім та внутрішнім освітленням);
- Використання комбінованих освітлювальних приладів, що використовують для живлення сонячну енергію.

Витрати освітлення у середньому становлять 30% всіх витрат за електроенергію. Сучасні енергоефективні системи освітлення дозволяють знизити витрати на освітлення та покращити світлові характеристики приміщення. Це комплекс інженерних і світлових рішень, що включає попередній аналіз приміщення для раціонального розміщення світильників, підбір енергозберігаючих ламп і світильників, сучасну оптику, датчики присутності, «розумну» систему управління світлом. Подібні системи споживають у середньому вдвічі менше електроенергії, підвищують працездатність на 10-15%. Окупаються в середньому за 3-5 років за нинішнього рівня тарифів на електроенергію. Дані рішення найбільш актуальні для об'єктів, де світло має горіти постійно як чергове освітлення (під'їзди, коридори житлових та адміністративних будівель, промислових підприємств і складів),

Споживання та ефективне використання електроенергії є одним із аспектів енергетичної безпеки. Проблема енергетичної безпеки в нашій країні пов'язана не тільки з кількістю наявних енергоресурсів, але й з особливостями електроенергетики, галузі промисловості, що займається виробленням електроенергії (територіальним розміщенням електростанцій, їх потужністю, технологічними особливостями, технічним станом тощо), а також величезними

розмірами території та пов'язаної з цим проблеми перерозподілу електроенергії. Крім того, невирішеною залишається проблема втрат енергії в процесі її використання.

Останніми роками економії енергоресурсів віддається найвищий пріоритет у державній енергетичній політиці, що підтверджується наявністю низки федеральних, регіональних, галузевих законів та нормативних актів. Керівництвом країни поставлене глобальне завдання підвищити енергоефективність економіки і, відповідно, знизити неефективні енерговитрати – як прямі втрати електроенергії, так і ті, що пов'язані з використанням застарілих технологій та недбалим ставленням до енергозбереження. Енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності – найважливіші пріоритети державної політики у частині модернізації та технологічного розвитку України [10].

Витрати освітлення у середньому становлять 30% всіх витрат за електроенергію. Сучасні енергоефективні системи освітлення дозволяють знизити витрати на освітлення та покращити світлові характеристики приміщення. Це комплекс інженерних і світлових рішень, що включає попередній аналіз приміщення для раціонального розміщення світильників, підбір енергозберігаючих ламп і світильників, сучасну оптику, датчики присутності, «розумну» систему управління світлом. Подібні системи споживають у середньому вдвічі менше електроенергії, підвищують працездатність на 10-15%. Окупаються в середньому за 3-5 років за нинішнього рівня тарифів на електроенергію. Найбільш актуальні для об'єктів, де світло має горіти постійно як чергове освітлення (під'їзди, підвали, коридори житлових та адміністративних будівель, промислових підприємств та складів),

Сучасні світлодіодні та люмінесцентні лампи можуть бути класифіковані за декількома ознаками: за призначенням лампи; за типом її конструкції; за типом цоколя; за властивостями випромінюваного світла.

За призначенням світлодіодні та люмінесцентні лампи поділяються на: лампи основного освітлення у житлових приміщеннях; лампи для зовнішнього

архітектурного підсвічування та ландшафтного дизайну; лампи для використання у вибухонебезпечному середовищі; лампи для освітлення вулиць, автостоянок, мостів, тротуарів, залізничних станцій тощо; лампи для прожекторів, що встановлюються на промислових будівлях та територіях.

Енергозберігаючі лампи дозволяють заощаджувати до 80% енергії в порівнянні з класичними лампами розжарювання. Основні переваги енергозберігаючих ламп:

- високий ККД (енергозберігаючі лампи витрачають у 5 разів менше електроенергії, ніж лампа розжарювання з таким самим світловим потоком);
- миттєве включення без мерехтіння;
- рівномірне поширення світла по колбі, завдяки чому відсутня сліпуча дія світла;
- практично невідчутний вплив перепадів напруги в робочому діапазоні напруги, що становить 180 - 260 В;
- низька температура нагрівання під час роботи (до 40 ° С);
- Великий термін служби (до 15000 годин);
- Гарантія до 1 року з моменту продажу;
- «гарантована оповіщення про вихід із ладу» (потемніння основи балона або зменшення світлового потоку лампи).

Світлодіодні лампи – інноваційний продукт. Заміна звичайних ламп на світлодіодні – ключ до енергозбереження та підвищення енергоефективності. Найбільш актуальними є такі заходи для муніципалітетів, громадських організацій, навчальних закладів, промислових підприємств, складів, готелів, лікарень, будівельних ринків.

Основні переваги світлодіодних ламп у порівнянні з електричними:

- більший, ніж у електроламп, коефіцієнт світловіддачі;
- більший термін служби;
- Винятково високий рівень надійності;
- мала аварійність, яка досягається за рахунок відсутності скляних деталей та колб;

- висока стійкість до ударів та вібрацій;
- можливість організації освітлення зі змінною яскравістю та кольоровістю;
- більш соковиті, насичені та яскраві кольори у освітленні;
- компактність, малі розміри та маса світлодіодів;
- відсутність ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання у спектрі;
- моментальне включення після подачі напруги;
- низька напруга живлення;
- відсутність ртуті, шкідливої для довкілля;
- низька вартість обслуговування на відміну звичайних освітлювальних систем, що вимагають частої заміни ламп [11].

Сучасні світлодіоди білого світла можуть мати як холодний, і теплий відтінок випромінювання. Малі розміри дозволяють вбудовувати їх у будь-які конструкції. Відсутність теплового та ультрафіолетового випромінювання у спектрі світлодіода дозволяє використовувати їх для освітлення місць та предметів, особливо чутливих до електромагнітного випромінювання. Прогнозований термін служби світлодіодів – 35000 годин при 70 збереженні світловіддачі та при менш ніж 5% відмов. Впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла та освітлювальних систем дозволяє істотно скорочувати обсяг використовуваної електрики, в порівнянні з люмінесцентними лампами вдвічі [11].

Споживання та ефективне використання електроенергії є одним із аспектів енергетичної безпеки. Проблема енергетичної безпеки в нашій країні пов'язана не лише з кількістю наявних енергоресурсів, а й з особливостями електроенергетики, галузі промисловості, що займається виробленням електроенергії, перерозподілом електроенергії. Крім того, невирішеною залишається проблема втрат енергії в процесі її використання [12]. Енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності слід розглядати як одне з основних джерел майбутнього економічного зростання. Вирішення

проблеми енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності носить довгостроковий характер, що обумовлено необхідністю як зміни системи відносин на ринках енергоносіїв, так і заміни та модернізації значної частини виробничої, інженерної та соціальної інфраструктури та її розвитку на новій технологічній базі [12]. Необхідно змінити ставлення громадян до енергоефективності, тому виховання нового, «енергоощадливого» покоління – завдання навчально-просвітницьких заходів, які проводяться і в дитячих садках, і в школах, і у ВНЗ [13].

1.2 Коротка характеристика об'єкту обстеження

Житомирський державний університет імені Івана Франка розташований за адресою 10008, м. Житомир, вул. Велика Бердичівська, 40.

«У структурі університету – три інститути, п'ять факультетів, центр довузівської та післядипломної освіти, в яких навчається близько восьми тисяч студентів» [5].

Заклад призначений для навчання студентів і розрахований на 8000 вихованців. Навчанням займаються 395 викладачів [5].

1.3 Характеристика системи електропостачання

Даний навчальний заклад відноситься до споживачів II категорії надійності [6].

Електропостачання здійснюється по електричних мережах, відповідно до дозволу на приєднання встановленої потужності до мережі.

Електропостачання навчального корпусу за адресою вул. Велика Бердичівська, 40 здійснюється від чотирьох відходящих кабельних ліній від $ТП-10/0,4\text{ кВ}$ до $ВРП-0,4\text{ кВ}$ розташованого у будівлі. Зовнішня система електропостачання відповідає ПУЕ [7]. До складу $ВРП-0,4\text{ кВ}$ входять

автомати захисту, запобіжники і пристрої управління, що дозволяють окремо відключати споживачі електроживлення.

Комерційний облік електричної енергії здійснюється по 8 лічильникам, які встановлені безпосередньо у *ВРП – 0,4 кВ* у будівлі навчального корпусу.

Живлення електроприймачів у будівлі здійснюється по мережі 380/220 з системою заземлення, *TN – С* [8], від *ВРП – 0,4 кВ*. У *ВРП – 0,4 кВ* здійснюється розподіл електроенергії по розподільних мережах до групових щитків розташованих на поверхах будівлі, від яких безпосередньо живляться електроспоживачі (розеткова мережа, система освітлення).

Ця система електропостачання забезпечує необхідний рівень надійності безперебійного електропостачання споживачів II категорії [3].

Електропостачання навчального корпусу за адресою вул. Пушкінська, 47, здійснюється від двох відходящих кабельних лінії *ТП – 10 / 0,4 кВ* до *ВРП – 0,4 кВ* розташованого у будівлі навчального корпусу №2. Зовнішня система електропостачання відповідає ПУЕ. До складу *ВРП – 0,4 кВ* входять автомати захисту, запобіжники і пристрої управління, що дозволяють окремо відключати споживачі електроживлення.

Комерційний облік електричної енергії здійснюється по 2 лічильникам, які встановлені безпосередньо у *ВРП – 0,4 кВ* у будівлі навчального закладу.

Живлення електроприймачів у будівлі здійснюється по мережі 380/220 В з системою заземлення, *TN – С*, від *ВРП – 0,4 кВ*. У *ВРП – 0,4 кВ* здійснюється розподіл електроенергії по розподільних мережах до групових щитків розташованих на поверхах будівлі, від яких безпосередньо живляться електроспоживачі (розеткова мережа, система освітлення).

Електропостачання учбового корпусу за адресою вул. Велика Бердичівська, 51 здійснюється від чотирьох кабельних ліній що відходить від *ТП – 10 / 0,4 кВ* до *ВРП – 0,4 кВ* кВ розташованого у будівлі. Зовнішня система електропостачання відповідає ПУЕ. До складу *ВРП – 0,4 кВ* входять автомати захисту, запобіжники і облаштування управління.

Комерційний облік електричної енергії здійснюється по 4 лічильникам, які встановлені безпосередньо у ВРП – 0,4 кВ у будівлі учбового корпусу.

Живлення електроприймачів у будівлі здійснюється по мережі 380/220 з системою заземлення, $TN - C$, від ВРП – 0,4 кВ. У ВРП – 0,4 кВ здійснюється розподіл електроенергії по розподільних мережах до групових щитків розташованих на поверхах будівлі, від яких безпосередньо живляться електроспоживачі (розеткова мережа, система освітлення).

Ця система електропостачання забезпечує необхідний рівень надійності безперебійного електропостачання споживачів II категорії.

Дозволена до використання потужність 350,48 кВт.

1.4 Висновки до розділу 1

У першому розділі були розглянуті питання впровадження енергоефективних систем освітлення в навчальних приміщеннях. Висвітлено проблеми енергоефективного освітлення, розглянуто найрізноманітніші шляхи економії електроенергії, які можуть бути або ефективними.

Доведено, що одним із шляхів вирішення проблеми витрат на електроенергію є зниження споживання електроенергії без погіршення якості освітлення.

Дано коротку характеристика об'єкту обстеження, та проведено аналіз і дано детальну характеристику системи електропостачання навчального закладу. Ця система електропостачання забезпечує необхідний рівень надійності безперебійного електропостачання споживачів II категорії.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Електросилове обладнання

На балансі даного навчального закладу числяться наступні споживачі електричної енергії:

- комп'ютери (включаючи системні блоки і монітори)
- побутова техніка (чайники, кулери, мікрохвильові печі, плити побутові, мобільні електрообігрівачі, побутові вентилятори, побутові холодильники, настільні лампи, телевізори і так далі)
- оргтехніка (факсимільні, розмножувальні апарати, принтери, сканери, ББЖ (джерела безперебійного живлення), знищувачі паперів (шредери) і так далі)
- електроприводи систем припливно-витяжної вентиляції, у тому числі теплові завіси;
- побутові кондиціонери;
- електроводонагрівачі;
- верстатне обладнання;
- інше електрообладнання;
- обладнання майстерень.

Перелік електрообладнання і електроприладів представлений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Перелік електрообладнання і електроприладів

Найменування	Сумарна встановлена потужність, кВт	Річний час роботи, год.	Коефіцієнт використання	Примітка
Комп'ютери	60	2100	0.6	75.6
Побутова техніка	60	1500	0.4	36
Побутова техніка гуртожитку	120	2500	0.5	150
Оргтехніка	100	2500	0.5	125
Побутові кондиціонери	3	200	0.5	0.3
Електроприводи насосів (у системі опалювання)	3.6	5170	0.7	13.03
Електроводонагрівачі	5	2400	0.2	2.4
Електрообладнання їдальні корпус №1	40	1250	0.6	30

продовження таблиці 2.1

Електрообладнання їдальні корпус №2	30	1250	0.6	22.5
Електрообладнання їдальні корпус №3	27	1250	0.6	20.25
Автоматична .пожежна сигналізація, відеоспостереження	0.5	8600	0.5	2.15
Інше електрообладнання	80	2400	0.45	86.4
Слюсарні майстерні (корпус №3)	121	1800	0.6	130.68
Швацьке обладнання	40	1800	0.3	21.6
Друкарня	10	2100	0.7	14.7
Деревооброблювальна майстерня	28.3	2200	0.6	37.356
Система освітлення				201.91
Електропривід вентиляції	12			Не функц



Рисунок 2.1 – Діаграма споживання електричної енергії споживачами навчального закладу.

Проаналізувавши діаграму (рис. 2.1), очевидно, що велика частина споживаної електроенергії доводиться на систему освітлення, це пов'язано з тривалістю використання цього обладнання протягом року в порівнянні з іншим електрообладнанням.

2.2 Система освітлення приміщень

Перелік освітлювального обладнання навчального закладу представлений в таблиці 2.2.

Приміщення	Освітлення зовнішнє			Освітлення внутрішнє		
	К-ть	Тип	$P_{ном},$ кВт	К-ть	Тип	$P_{ном},$ кВт
Навчальний корпус №1	1	ЛР	0.075	2374	ЛЛ	19.2
				256	ЛР	35.61
Навчальний корпус №2	1	ЛР	0.075	626	ЛР	9.39
	1	ДРЛ	0.4	30	ЛР	2.25
Навчальний корпус №3				1282	ЛЛ	19.23
				144	ЛР	10.8
Гуртожиток	1	ЛР	0.075	480	ЛЛ	7.2
	1	ДРЛ	0.4	71	ЛР	5.325

2.3 Організація обліку споживання електричної енергії

Облік споживання електроенергії об'єктом здійснюється на основі приладів обліку.

Розрахунки за спожиту електроенергію здійснюються на підставі показів приладів обліку за одноставковим тарифом що диференціюється по числу годин використання заявленої потужності.

Зведення про прилади обліку споживаних енергетичних ресурсів на об'єкті обстеження приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Зведення про приладовий облік споживання електроенергії.

№ з/п	Споживач електроенергії	Тип лічильника	Призначення	Технічний стан	Клас точності	Тип навантаження	Дата повірки
Навчальний корпус № 1							
1	Ввід №1	ЦЕ68038В	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
2	Ввід №1	ЦЕ68038В	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19

продовження таблиці 2.3

3	Ввід №2	ЦЕ68038В	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
4	Ввід №2	ЦЕ68038В	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
5	Ввід №3	ЦЕ68038В	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
6	Ввід №3	ЦЕ68038В	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
7	Ввід №4	ЦЕ68038В	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
8	Ввід №4	ЦЕ68038В	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
Навчальний корпус № 2							
9	Ввід №1	ЦЕ301	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
10	Ввід №1	ЦЕ301	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
Навчальний корпус № 3							
11	Ввід №1	ЦТ68038ВМ	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
12	Ввід №1	ЦТ68038ВМ	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
13	Ввід №2	ЦТ68038ВМ	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19
14	Ввід №2	ЦТ68038ВМ	Комерційний облік	Справний	1.0	активне	06.08.19

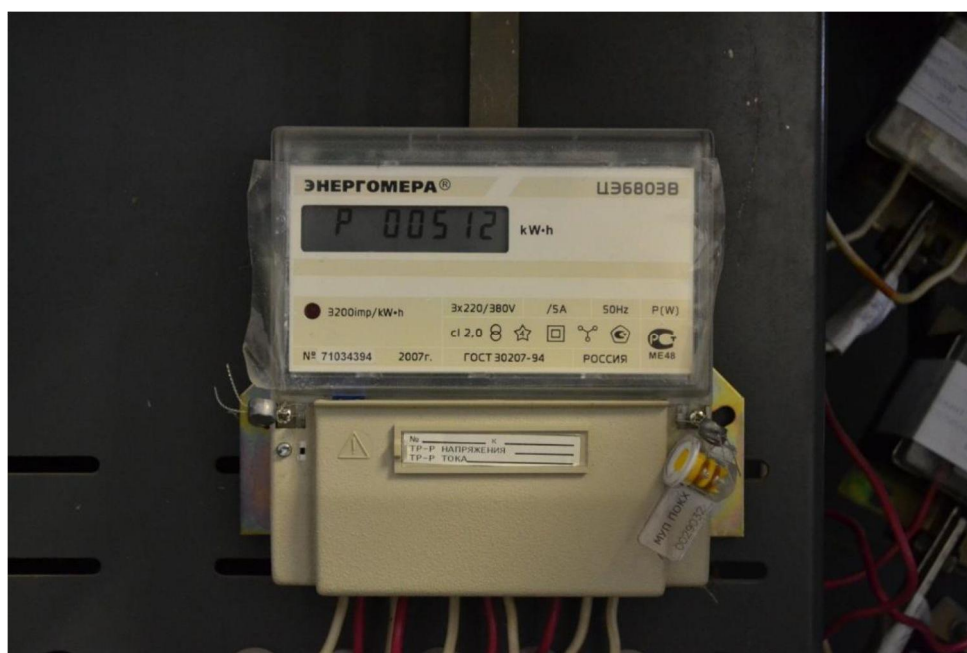


Рисунок 2.1 – Прилад комерційного обліку електричної енергії встановлений у ВРП – 0,4 кВ навчального корпусу №1



Рисунок 2.2 – Прилад комерційного обліку електричної енергії встановлений у
ВРП – 0,4 кВ навчального корпусу №2



Рисунок 2.3 – Прилад комерційного обліку електричної енергії встановлений у
ВРП – 0,4 кВ навчального корпусу №3

2.4 Аналіз і структура споживання електроенергії

Дані про споживання електроенергії за 2017 – 2021 роки представлено на
рисунку 2.4

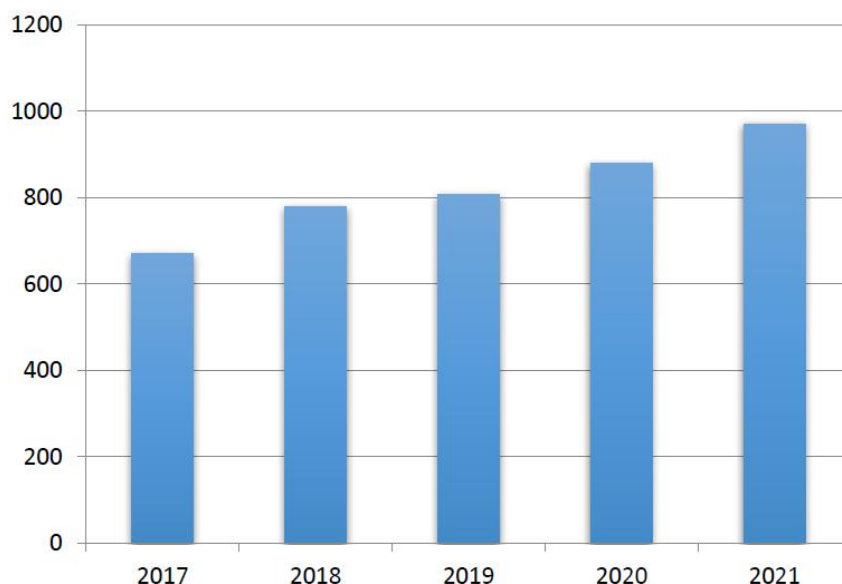


Рисунок 2.4 – Графік споживання електричної енергії кВт·год.

Збільшення споживання електричної енергії пов'язане зі збільшенням обладнання, та збільшенням числа роботи спеціального обладнання.

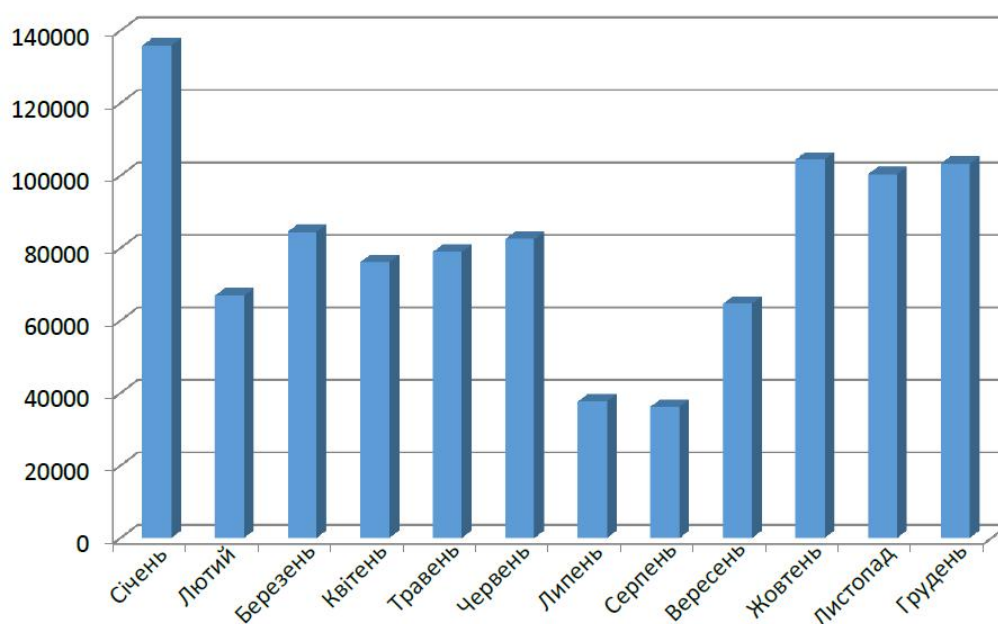


Рисунок 2.5 – Динаміка споживання електричної енергії за 2021 рік.

На рис. 2.5 видно, що максимальне споживання електроенергії доводиться на осінньо-зимовий період, це пов'язано зі зменшенням світлового дня, великим споживанням електроенергії на освітлення і локальний обігрів приміщень, початком навчального року 1 вересня і закінчення 30 червня.

Потенціал підвищення ефективності споживання електричної енергії складає не більше 10%.

2.5 Розробка заходів із підвищення енергетичної ефективності навчального закладу

Заходи із підвищення ефективності системи електропостачання в навчальних закладах розділяють на організаційні і технічні, технологічні [14].

До організаційних заходів відносяться:

- проведення енергетичних обстежень будівель, будов, споруд, що належать на праві власності або іншій законній підставі організаціям за участю держави або муніципальної освіти (далі - будівлі, будови, споруди), збір і аналіз інформації про енергоспоживання будівель, будов, споруд, у тому числі їх ранжирування по питомому енергоспоживанню і черговості проведення заходів по енергозбереженню;
- розробка техніко-економічних обґрунтувань в цілях впровадження енергозберіжних технологій для залучення позабюджетного фінансування;
- сприяння укладенню енергосервісних договорів і залученню приватних інвестицій в цілях їх реалізації;
- створення системи контролю і моніторингу за реалізацією енергосервісних контрактів.

До технічних і технологічних заходів по підвищенню ефективності системи електропостачання відносяться:

- оснащення будівель, будов, споруд приладами обліку використовуваних енергетичних ресурсів;
- перекладання електричних мереж для зниження втрат електричної енергії у будівлях, будовах, спорудах;
- установка частотного регулювання приводів насосів в системах гарячого водопостачання будівель, будов, споруд;

- підвищення енергетичної ефективності систем освітлення будівель, будов, споруд;
- закупівля енергоспоживаючого обладнання високих класів енергетичної ефективності.

Після проведеного аналізу отриманих даних про систему електропостачання навчального закладу, даних про електрообладнання і на підставі перелічених вище заходів, основні заходи для об'єкту дослідження, які далі будуть розглянуті це:

- підвищення енергетичної ефективності системи освітлення за рахунок заміни існуючих ламп розжарювання (ЛР) і люмінесцентних ламп (ЛЛ) на компактні люмінесцентні лампи КЛЛ і LED-світильники.
- автоматизація управління освітленням в місцях загального користування (сходові прольоти, коридори, санвузли), а також комори, архів.
- впровадження автоматизованої системи обліку споживання електричної енергії навчального закладу.

2.6 Підвищення економії електричної енергії в системі освітлення

Світильники зі світлодіодними лампами (LED) є найперспективнішими джерелами світла, в заміні світильників з лампами типу ЛР і ЛЛ [15].

Одним з основних переваг LED-світильників це низьке споживання електричної енергії при високій інтенсивності світлового потоку. При цьому необхідно відмітити, що не усі світлодіодні світильники підходять для навчальних закладів, оскільки відповідно до вимог до природного і штучного освітлення [16] в навчальних закладах система загального освітлення повинна забезпечуватися стельовими світильниками [16], при цьому система освітлення повинна передбачатися з використанням ламп по спектру кольоропередачі: білий, тепло-білий, природно-білий. Світильники, які використовуються для штучного освітлення навчальних закладів, повинні забезпечувати сприятливий розподіл яскравості в полі зору, що лімітується показником дискомфорту.

Показник дискомфорту навчального закладу загального освітлення для будь-якого робочого місця в класі не повинен перевищувати 40 одиниць [16].

Виходячи з цих вимог, слід застосовувати світлодіодні світильники з колірністю світла від 2700К до 5000К. Саме цей діапазон температури кольору прийнято відносити до значень тепло-білий (2700К – 3500К), білий (4000К – 5000К), природно-білий (3500К – 4500К).

Також дуже важливий параметр - індекс перенесення кольорів Ra . Згідно з вимогами [15], світильники в приміщеннях освітніх установ повинні мати індекс $Ra > 80$.

Наступний показник, який необхідно врахувати при виборі світлодіодних світильників для навчального закладу, – це показник дискомфорту Mt . Це критерій оцінки дискомфортного блиску, що викликає неприємні відчуття при нерівномірному розподілі яскравостей в полі зору [16]. Показник дискомфорту (Mt) характеризує міру незручності або напруженості за наявності у полі зору точкових джерел підвищеної яскравості [16]. Саме тому усі освітлювальні прилади (чи джерела світла) в приміщеннях тривалого перебування людей мають матову захисну оболонку. У випадку з лампами розжарювання - це матові плафони, у випадку з люмінесцентними лампами - безпосередньо колби самих ламп.

Так, щоб відповідати вказаному показнику, усі світлодіодні джерела світла в приміщеннях навчальних закладів необхідно також приховувати за матовим розсіювачем, оскільки точкова яскравість світлодіодів недостатньо комфортно нівелюється іншими типами розсіювачів (призма, мікропризма, колений лід і інше).

Опосередковано до показника дискомфорту слід відносити також і коефіцієнт пульсації. Він характеризує відносну глибину пульсації освітленості (у %) в заданій точці приміщення при живленні ламп від мережі змінного струму. Неконтрольована пульсація освітленості призводить до підвищеної небезпеки травматизму при роботі з тими, що рухаються і, особливо, з об'єктами, що обертаються, а також до зорової втоми, що особливо важливе для

учбових майстерень. У нормах для більшості зорових робіт встановлено значення не більше 20.

Що стосується світлодіодних джерел світла, то усі вони працюють від постійної напруги, і коефіцієнт пульсації світлодіодних світильників, як правило, пов'язаний з тим, наскільки якісно драйвер (блок живлення світильника) перетворить змінний струм в постійний. У переважній більшості випадків, коефіцієнт пульсації світлодіодних світильників $< 5\%$. Тому цим критерієм практично можна нехтувати при підборі світильників до навчальних закладів.

Таким чином, згідно з чинними нормативними документами [16], загальноосвітніх і вищих навчальних закладів слід застосовувати світлодіодні світильники, які, окрім необхідних і достатніх значень загального світлового потоку, потужності, міри захисту, габаритів і накладного способу установки, відповідають наступним параметрам :

- Колірність світла: 3500 – 5000К – для загальноосвітніх і вищих навчальних закладів;
- Тип розсіювача: опаловий, матовий або молочно-білий;
- Індекс перенесення кольорів $Ra > 80$;
- Коефіцієнт пульсації $< 5\%$.

2.7 Вибір освітлювальної апаратури і розрахунок споживаної потужності

Розрахунок освітлювального навантаження в навчальному закладі вироблений в програмному середовищі *DIALux*. Для освітлення основних і допоміжних приміщень, в цілях економії коштів електроенергії, вибрані світлодіодні світильники, потужністю 32 Вт.

Оскільки навчальний заклад включає велику різноманітність приміщень, призначених для різних потреб, але і що також мають різні площі, отже, усі приміщення були розбиті за призначенням і по площі [17]. Якщо в одній групі

знаходяться приміщення різного призначення або площі однакових кімнат сильно розрізняються, то для таких приміщень робиться розрахунок окремо один від одного [17].

Розрахунок освітленості коридору проводиться окремо для кожного приміщення цього типу окремо, оскільки цей тип приміщення важко систематизувати, із-за величезного різновиду геометрії приміщення і великої різниці площ приблизно схожих коридорів [17].

Виходячи з нормативно технічного документу [16] розподілимо категорії приміщень, що вийшли, по нормах освітленості:

- Навчальні аудиторії – 300 Лк
- Навчальні лабораторії - 300 Лк ;
- Допоміжні приміщення - 75 Лк ;
- Проходи і коридори - 150 Лк .
- Адміністративно технічні приміщення - 300 Лк

Скориставшись програмним середовищем *DiaLUX* для кожної групи приміщень отримемо значення розрахункової освітленості.

На рис. 2.6 – 2.9 представлені:

- Вид приміщення;
- Приклад розташування світильників;
- Резюме;
- 3D модель обіднього залу.

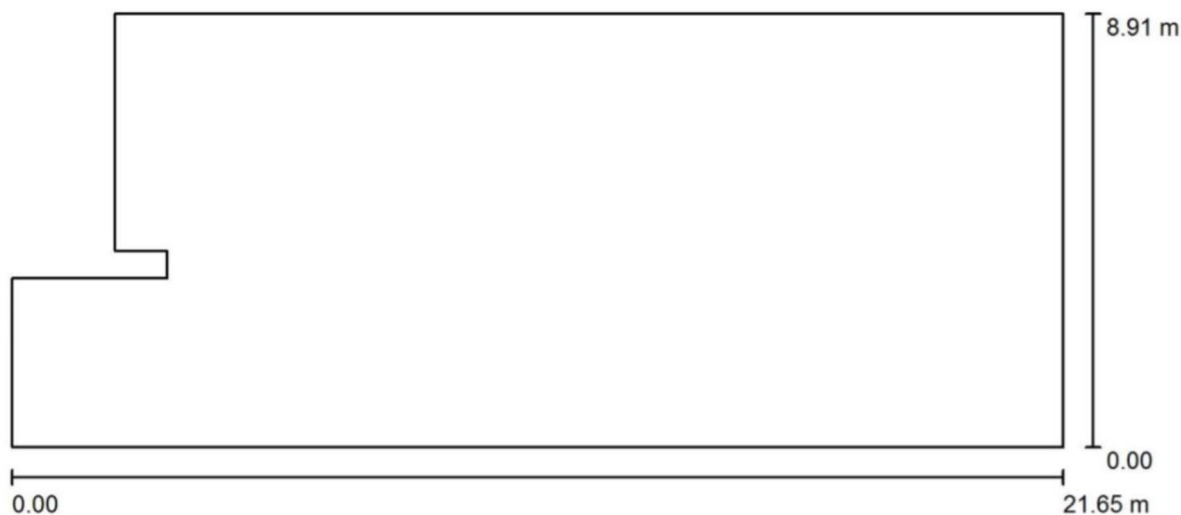


Рисунок 2.6 – Вид приміщення.

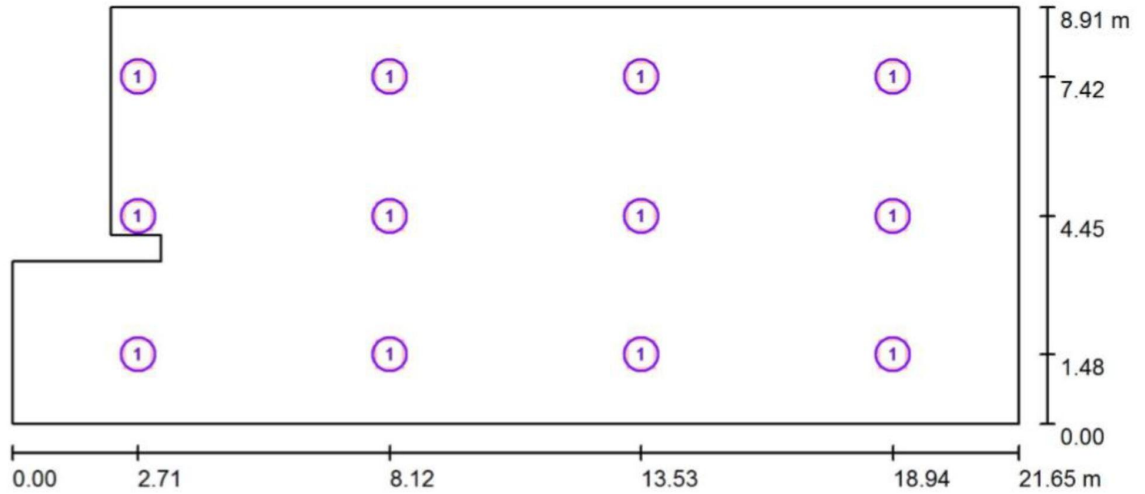


Рисунок 2.7 – План розташування світильників.

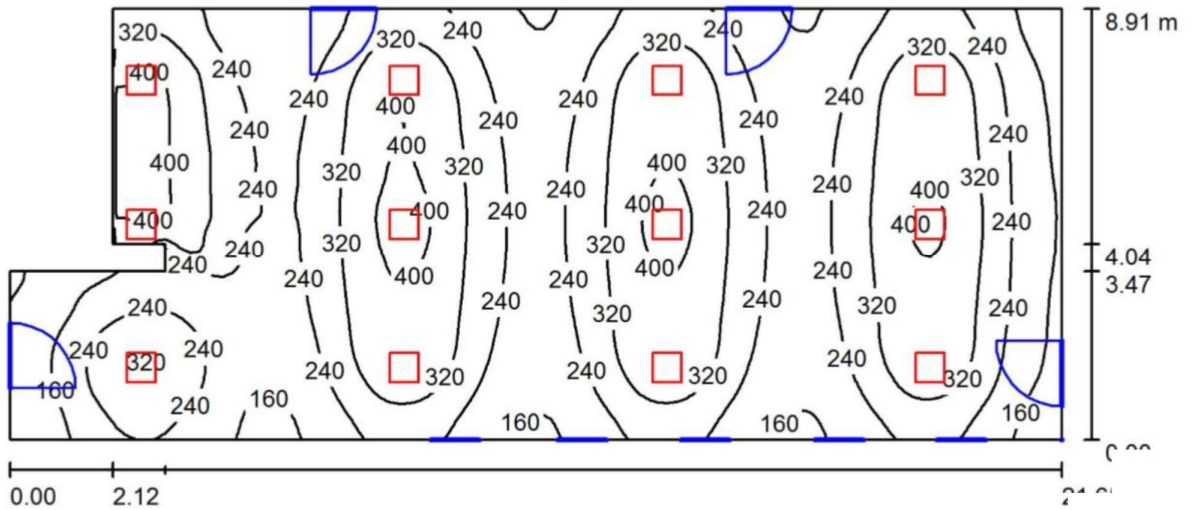


Рисунок 2.8 – Результати світлотехнічного розрахунку



Рисунок 2.9 – 3D модель обіднього залу

Звідна відомість розрахунку освітлювального навантаження освітньої установи представлена в таблиці 5.

Таблиця 2.4 – Зведена відомість освітлювального навантаження навчального корпусу №1

Приміщення	h , m	S , m^2	P_H , $кВт$	К-сть	$E_{сер.р.}$, $Лк$	$E_{сер.норм.}$, $Лк$	$P_{H\Sigma}$, $кВт$
Буфет і їдальня	4	148	0.032	30	310	300	0.96
Лабораторія 1	4	240	0.032	135	310	300	4.32
Лабораторія 2	4	50	0.032	12	310	300	0.384
Лабораторія 3	4	24	0.032	9	310	300	0.288
Гардероб	4	144	0.032	12	93	75	0.384
Навчальні аудиторії	4	3150	0.032	616	310	300	19.712
Викладацька	4	196	0.032	15	310	300	0.48
Комора	4	120	0.032	10	93	75	0.32
Лабораторія 4	4	240	0.032	40	310	300	1.28
Лабораторія 5	4	240	0.032	45	310	300	1.44
Лабораторія 6	4	144	0.032	27	310	300	0.864
Лабораторія 7	4	250	0.032	20	310	300	0.64
Лабораторія 8	4	36	0.032	9	310	300	0.288
Лабораторія 9	4	240	0.032	20	93	75	0.64
Вентилятор	4	72	0.032	6	93	75	0.192
Лабораторія 10	4	48	0.032	9	310	300	0.288
Щитова	4	48	0.032	4	93	75	0.128
Коридор	4	3068	0.032	300	343	200	9.6
Санвузли та ін. приміщення	4	350	0.016	501	80	75	8.016
Всього:		8458		1820	50,224		

Для освітлення коридор застосовується світлодіодний світильник *LIGHTINGTECHNOLOGIES – LTX LED 4000K*. Для освітлення учбових кабінетів і інших приміщень застосовується світлодіодний світильник *LIGHTINGTECHNOLOGIES – LTX LED 4000K* і *LIGHTINGTECHNOLOGIES – OPTIMA ECO LED*. У санвузлах застосовуються компактні люмінісцентні лампи.

На підставі розрахунку визначена кількість і розташування світильників по приміщеннях.

Живлення системи аварійного освітлення відбувається шляхом підключення груп світильників до 2 двом щитам аварійного освітлення *ЩАО-1* і *ЩАО-2*. Безперебійна робота системи аварійного освітлення під час виникнення позаштатних ситуацій, забезпечується шляхом живлення щитів *ЩАО-1* і *ЩАО-2* від панелі *ГРЩ-3*, електропостачання якої здійснюється через шафу *ABP* від різних вводів *ВРП*. Окрім цього, здійснюється додаткові введення від джерела аварійного живлення.

Електропостачання системи робочого освітлення здійснюється шляхом підключення світильників до щитів *ЩО*. Усі щити *ЩО* живлять від різних вводів *ВРП*, під час відключення живлення щитів від одного вводу, передбачена можливість ручного перемикання вводів живлення освітлення.

Проведемо розрахунки за наступними формулами:

Встановлена потужність визначається по формулі:

$$P_{вст} = \sum P_{пасп.св}$$

де $P_{пасп.св}$ – паспортна потужність одного світильника.

Розрахункову потужність визначимо по формулі:

$$P_p = P_{вст} \cdot K_c$$

де $P_{вст}$ – встановлена потужність;

K_c – береться рівною 1, по [17].

Розрахунковий струм знаходиться по формулі:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}$$

де P_p – розрахункова потужність;

$U_{ном}$ – номінальна напруга приймається рівною 0,38, оскільки в щит освітлення заходить 3 фази, а далі усі світильники розподіляються по фазах.

Сумарна споживана потужність:

$$P_{осв} = \sum P_{ЩО} + \sum P_{ЩАО}$$

де $\sum P_{ЩО}$ – сумарна потужність щитів освітлення;

$\sum P_{ЩАО}$ – сумарна потужність щитів аварійного освітлення.

Розрахунок зведемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку освітлювального навантаження після модернізації.

Щит	$P_n,$ кВт	K_c	$I_p,$ А	Розрахунковий переріз дроту	Марка провідника	Кількість жил і переріз
Навчальний корпус №1						
ЩО-1	4.1	1	6.2	3.9	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x4. 0
ЩО-2	4.2	1	6.4	4.0	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x4. 0
ЩО-3	4.2	1	6.4	4.0	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x4. 0
ЩО-4	4.3	1	6.5	4.1	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x5. 0
ЩО-5	4.1	1	6.2	3.9	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x4. 0
ЩО-6	2.5	1	3.8	2.4	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x2. 5
ЩАО-1	0.8	1	1.2	0.8	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
ЩАО-2	0.6	1	0.9	0.6	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
Навчальний корпус №2						
ЩО-1	2.1	1	3.2	2.0	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x2. 5
ЩО-2	1.6	1	2.4	1.5	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
ЩО-3	1.5	1	2.3	1.4	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
ЩО-4	3.1	1	4.7	2.9	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x4. 0
ЩАО-1	0.5	1	0.8	0.5	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
ЩАО-2	0.5	1	0.8	0.5	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
Навчальний корпус №3						
ЩО-1	1.67	1	2.5	1.6	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x2. 5
ЩО-2	2.5	1	3.8	2.4	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x2. 5
ЩО-3	3.1	1	4.7	2.9	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x4. 0
ЩО-4	1.5	1	2.3	1.4	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
ЩАО-1	0.5	1	0.8	0.5	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
ЩАО-2	0.5	1	0.8	0.5	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
Гуртожиток						
ЩО-1	3.6	1	5.5	3.4	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x4. 0
ЩО-2	2.05	1	3.1	1.9	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x2. 5
ЩО-3	1.67	1	2.5	1.6	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x2. 5
ЩО-4	2.5	1	3.8	2.4	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x2. 5
ЩАО-1	0.5	1	0.8	0.5	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
ЩАО-2	0.5	1	0.8	0.5	<i>ВВГнгГ – П</i>	4x1. 5
$\sum P_{щО}$	50.29 кВт					
$\sum P_{щАО}$	4.4 кВт					
Всього $\sum P_{сО}$	54.69 кВт					

2.8 Висновки до розділу 2

В даному розділі здійснено аналіз електросилового обладнання, яке знаходиться на балансі навчального закладу.

Проведений аналіз споживання електроенергії електроприймачами і системою освітлення. Потенціал підвищення ефективності споживання електричної енергії складає не більше 10%.

Розрахована встановлена потужність системи освітлення після модернізації, визначені перерізи провідників живлених ЩО і ЩОА в усіх корпусах навчального закладу.

Розглянута структура об'ємів споживання електричної енергії різними споживачами. Проведений аналіз системи комерційного обліку електричної енергії. На підставі аналізу розроблені заходи підвищення енергетичної ефективності системи електропостачання навчального закладу.

Детально розглянуто питання заміни існуючої системи освітлення на енергоефективну систему освітлення на базі світлодіодних світильників. Приведені результати розрахунку системи освітлення в програмному середовищі DiaLUX.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Автоматизація управління освітленням в навчальному закладі

Автоматизація управління освітлення здійснюється за допомогою датчиків освітленості і руху, які встановлюються в місцях загального користування, в основному в коридорах і сходових прольотах [18].

З розвитком інформаційних технологій система управління освітленням стає все більш інтегрованою в інтелектуальні системи [18].

На даний момент широко впроваджуються системи інтелектуального управління освітленням [18]. Ці системи мають на увазі до використання не просто датчиків руху і освітлення, а високотехнологічних інтелектуальних датчиків руху, що мають цілий ряд додаткових функцій контролю освітлення :

- гнучкими налаштуваннями із зручним пультом
- можливістю підключення інших пристроїв (кнопок, інших пристроїв) для створення міні системи.

- з підключення пристрою з функцією плавного регулювання яскравості світильника з автоматичною підтримкою освітленості через 1 – 10 V або протоколу *DALI* .

Усі перелічені вище можливості дозволяють отримати граничну ефективність роботи освітлення.

Пропонується впровадити розглянуту систему управління освітленням в цьому навчальному закладі.

3.2 Впровадження системи АІВС КОЕ

Автоматизовані інформаційно-вимірювальні системи комерційного обліку електроенергії (АІВС КОЕ) всюди впроваджуються як на промислових підприємствах, так і у бюджетних установах [19].

Основні переваги системи АІВС КОЕ в порівнянні з існуючою системою обліку в обстежуваній освітній установі полягає в наступному [19]:

- формування статистичної бази споживання електричної енергії в усіх корпусах;
- виявлення нераціональної витрати електричної енергії в корпусах навчального закладу;
- підготовка документів для розробки додаткових заходів по підвищенню енергоефективності системи електропостачання навчального закладу;
- контроль і оцінка реалізації впроваджуваних заходів по підвищенню енергоефективності системи електропостачання;
- автоматичне формування усіх необхідних звітів в енергопостачальну організацію.

Типова структура АІВС КОЕ представлена на рис 3.1.

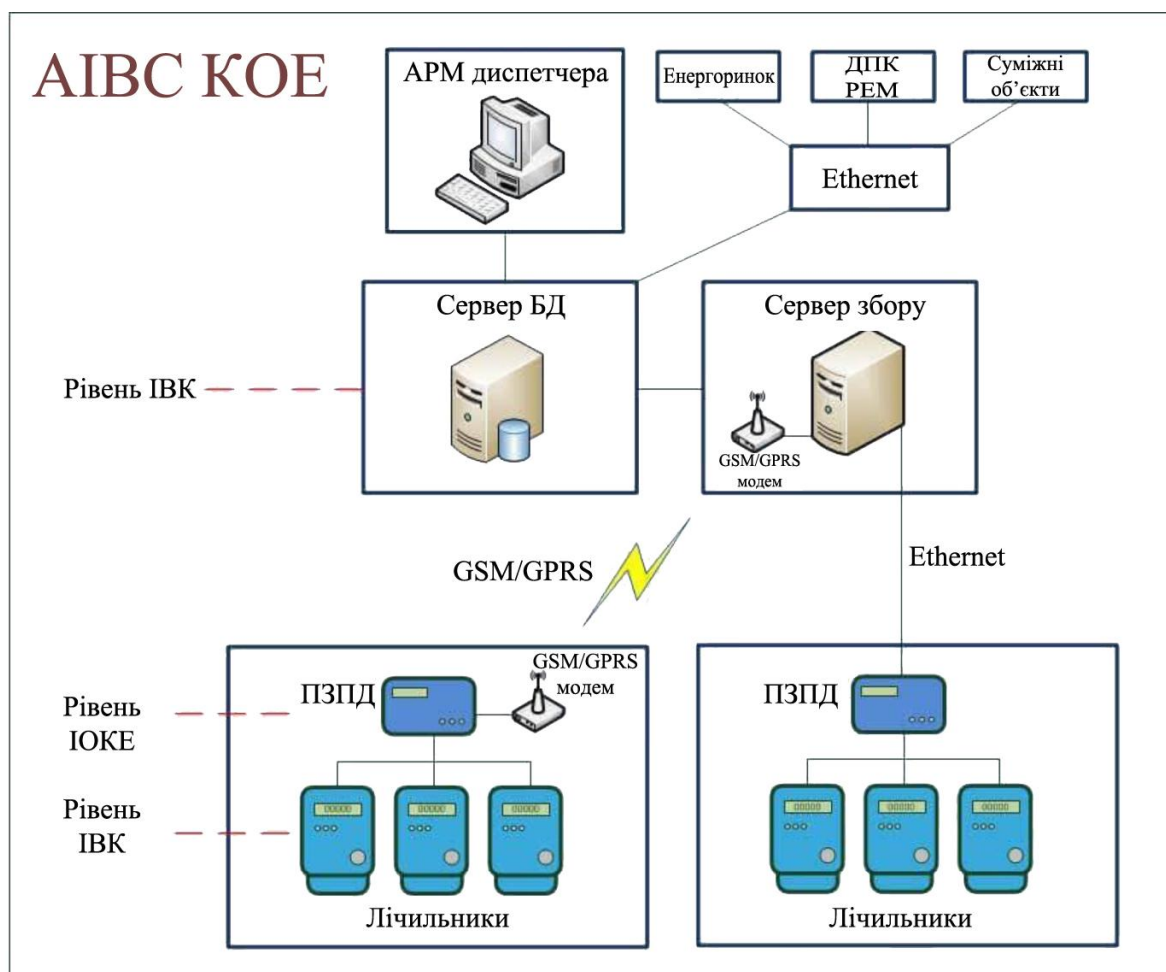


Рисунок 3.1 – Типова структура АІВС КОЕ.

Запропонована структура АІВС КОЕ складається з:

- Лічильники електричної енергії виробництва Харківського електротехнічного заводу «Енергоміра» типу СЕ303-У АR S31 543-JAYVZ з GSM-модемом АТМ21.А з блоком живлення і антеною, які підтримують інтерфейс RS - 485, інтерфейс Ethernet 10/100BASE - ТХ;
- Пристрій збору і передачі даних (ПЗПД), який призначений для автоматичного збору інформації з приладів обліку електроенергії СЕ303-У;
- Існуючий сервер навчального закладу;
- АРМ для фахівця відповідального за енергогосподарства;
- Програмний комплекс СenergoSM 3.2.31, який призначений для збору, відображення, зберігання і обробки інформації про стан мережі напругою від 0,4 кВ, отримуваний від лічильників електричної енергії типу СЕ303-У через ПЗПД.

Перелік обладнання АІВС КОЕ представлений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік устаткування АІВС КОЕ

№ з/п	Номер вводу	Тип лічильника	Найменування обладнання		
Навчальний корпус №1				Центральний сервер	АРМ енергетика, ПК СenergoSM 3.2.31
1	Ввід №1	СЕ303-У	ППЗД-1		
2	Ввід №1	СЕ303-У			
3	Ввід №2	СЕ303-У			
4	Ввід №2	СЕ303-У			
5	Ввід №3	СЕ303-У	ППЗД-2		
6	Ввід №3	СЕ303-У			
7	Ввід №4	СЕ303-У			
8	Ввід №4	СЕ303-У			
Навчальний корпус №2					
9	Ввід №1	СЕ303-У	ППЗД-3		
10	Ввід №1	СЕ303-У			
Навчальний корпус №3					
11	Ввід №1	С- 03.Би	ППЗД-4		
12	Ввід №1	С- 03.Би			
13	Ввід №2	С- 03.Би			
14	Ввід №2	С- 03.Би			

3.3 Додаткові заходи з енергозбереження і підвищенню енергетичної ефективності

Економія електроенергії:

- періодичне очищення вікон і світильників (по затвердженому графіку) (дозволяє економити електроенергію до 10 % за рахунок скорочення часу включення штучного освітлення);
- своєчасна заміна несправних ламп в модулях загального освітлення;
- розробка і дотримання графіку відключення загального освітлення у світлий час доби по кабінетах;
- своєчасне технічне обслуговування силового обладнання;
- виключення холостих режимів роботи електрообладнання;
- своєчасна заміна несправних електронагрівних елементів (економія - 2-3 % споживання електронагрівачів);
- проведення робіт по доведенню до працівників важливості і необхідності енергозбереження.

3.4 Економічна ефективність

Автоматизація управління освітленням (установка датчиків руху) в коридорах, туалетах і інших приміщеннях підприємства.

Існуюче положення.

У коридорах, переходах корпусів і санвузлах освітлення здійснюється як стельовими світильниками, так і світильниками з ЛР. Для виключення нераціональної витрати електричної енергії в ті періоди часу, коли у вказаних приміщеннях люди, автоматично вимикати світильники з урахуванням необхідної освітленості в коридорах освітньої установи.

Відповідно до даних (табл. 2.4) встановлена потужність світильників в місцях загального користування складає 18,064 кВт, ці світильники підключатимуться через датчики руху і освітленості.

Приймаємо річне число годин роботи цих світильників $T_{річ} = 2000$ год. Відповідно до річної витрати електроенергії на ці світильники, з урахуванням коефіцієнта завантаження 0,8 складе 28 902,4 кВт·год. При впровадженні автоматизації управління освітленням (установці датчиків руху) економиться 25–50 % від споживаної електроенергії цією групою споживачів» [16].

У нашому випадку приймаємо річну економію від впровадження автоматизації управління освітленням (установці датчиків руху) рівної 40% від споживаної електроенергії цією групою споживачів.

Річна економія електроенергії цього заходу складе:

$$\Delta W_{рік} = 11\,561 \text{ кВт} \cdot \text{год}, \text{ або } 57\,805 \text{ грн.}$$

Вважаємо, що установка одного датчика руху обійдеться в 200 грн., а загальна кількість датчиків руху, які необхідно встановити для нашого випадку з обліком групового підключення 34 світильників складатиме 250 штук.

Для зовнішнього і внутрішнього монтажу, вартість автоматичного вимикача джерела світла при появі людини в зоні охоплення вартість складає: 300 грн.

Витрати на матеріали, устаткування і електромонтажні роботи складуть:

$$B = 275 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{B}{\Delta W_{рік}} = \frac{275000}{57805} = 4,8 \text{ року}$$

Загальна економія електричної енергії складе: 11 561 кВт·год/рік, або 57,805 тис. грн./рік.

Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи, в порядку поточної експлуатації.

У деяких приміщеннях навчального закладу використовуються лампи розжарювання (ЛР), які мають низьку світлову віддачу і найнижчий термін служби (до 1000 годин). За наданими відомостями на підприємстві використовується 501 шт. ламп розжарювання.

Пропонується провести заміну ЛР потужністю 60 Вт у кількості 315 штук на енергозберігаючі лампи (КЛЛ) потужністю 14 Вт в існуючих світильниках.

КЛЛ потужністю 14 Вт по світловому потоку дещо перевершує ЛР 60 Вт, термін служби КЛЛ 10000 годин.

Економічний ефект.

Розрахунок:

- Економія в натуральному вираженні складе:

$$(60120 - 16032) = 44088 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

- У грошовому еквіваленті при тарифі 5 грн./кВт·год економія складе 220 440 грн.

- За умови що вартість однієї енергозберігаючої лампи складає 350 грн., то витрати на купівлю 501 лампи складуть 175350 грн.

- Термін окупності заміни ламп розжарювання на енергозберігаючі, при незмінному режимі роботи, складе близько 4 року.

- Враховуючи, що термін служби енергозберігаючої лампи в середньому складає 10000 годин, то одна лампа, при незмінному режимі роботи, повинна прослужити близько 5 років, таким чином, цей захід є таким, що окупається.

Заміна світильників з ЛЛ 72 Вт і 40 Вт на світильники з LED -лампами 32 Вт, в порядку поточної експлуатації.

У стельових світильниках навчального закладу використовуються люмінесцентні лампи 72 Вт і 40 Вт, усього їх 1581 штука (з них 996 шт. - люмінесцентні лампи 72 Вт і 585 шт. - люмінесцентні лампи 40 Вт). Після заміни існуючої системи освітлення на енергоефективну систему освітлення зі світлодіодними світильниками, кількість світильників складе 1321 шт., при цьому встановлена потужність складе 42,208 кВт·год, що в 2.3 рази нижче існуючої системи освітлення.

Економічний ефект.

Річна економія електроенергії при заміні світильників з ЛЛ, на світлодіодні світильники складе:

$$\Delta W_{\text{рік}} = 105\,808 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Річна економія фінансових витрат складе:

$$E_{\text{рік}} = 529\,040 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначимо за виразом:

$$T_{\text{рік}} = \frac{E_{\text{рік}}}{\Delta W_{\text{рік}}} = \frac{529040}{105808} = 5 \text{ років.}$$

Вартість заходу з урахуванням усіх витрат складе 4 616 500 грн.

Термін окупності складе 8.7 року. Враховуючи термін експлуатації світлодіодних світильників, який складає в середньому 50 000 годин, цей захід є окупним.

Результати розрахунків занесемо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Перелік енергозберігаючих заходів.

№ з/п	Найменування заходів	Витрати, тис.грн.	Річна економія			Середній термін окупності (план), років
			В натуральному вираженні	Од. вимір	У вартісному вираженні (тис.грн)	
1	Автоматизація системи освітлення	375	11.561	тис.кВт·год	57.805	6.5
2	Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі	175.4	44.1	тис.кВт·год	22.4	4.0
3	Заміна світильників ЛЛ на світлодіодні світильники	4616,5	105,8	тис.кВт·год	529	8.7
4	Впровадження системи АІВС КОЕ	5800	250	тис.кВт·год	1250	4.64
Разом		10791.5	355.8	тис.кВт·год	1836.8	5.9

Необхідно відмітити, що термін служби світлодіодних світильників залежить від якості електричної енергії [17].

3.5 Результати вимірів якості електричної енергії

Якість електричної енергії, споживаної об'єктом обстеження, визначена інструментальними методами у відповідності з ДСТУ:EN 50160-2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення»

Інструментальні вимірювання фактичного значення показників якості електричної енергії на об'єкті споживання був проведений в щиті РП-0,4 кВ.

Витрата електричної енергії і основні показники якості електричної енергії були виміряні за допомогою приладу *Ресурс – UF2*.

Далі приведені графіки інструментальних вимірів показників основних параметрів електроспоживання навчального корпусу №1.

Таблиця 3.3 – Показники основних параметрів

Споживання електричної енергії $\text{кВт} \cdot \text{год}$	85.276
Споживання реактивної потужності $\text{кВАр} \cdot \text{год}$	27.326
Час P_{max}	14.04
Величина P_{max} , кВт	0.654
Коефіцієнт потужності	0.4
Коефіцієнт форми графіку навантаження	
Коефіцієнт заповнення графіку навантаження	

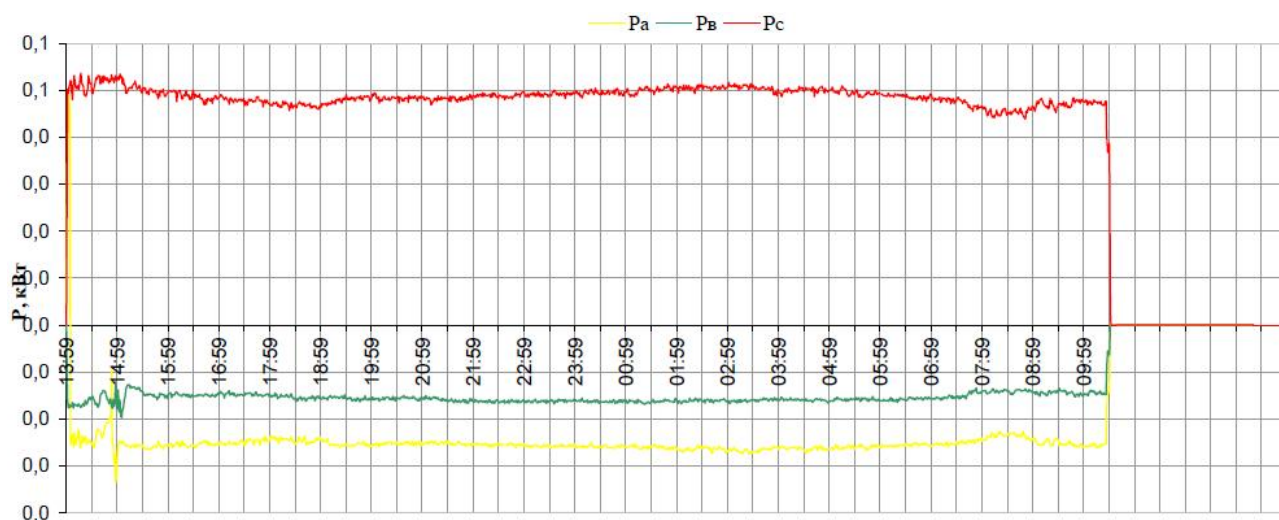


Рисунок 3.2 – Графік активного навантаження.

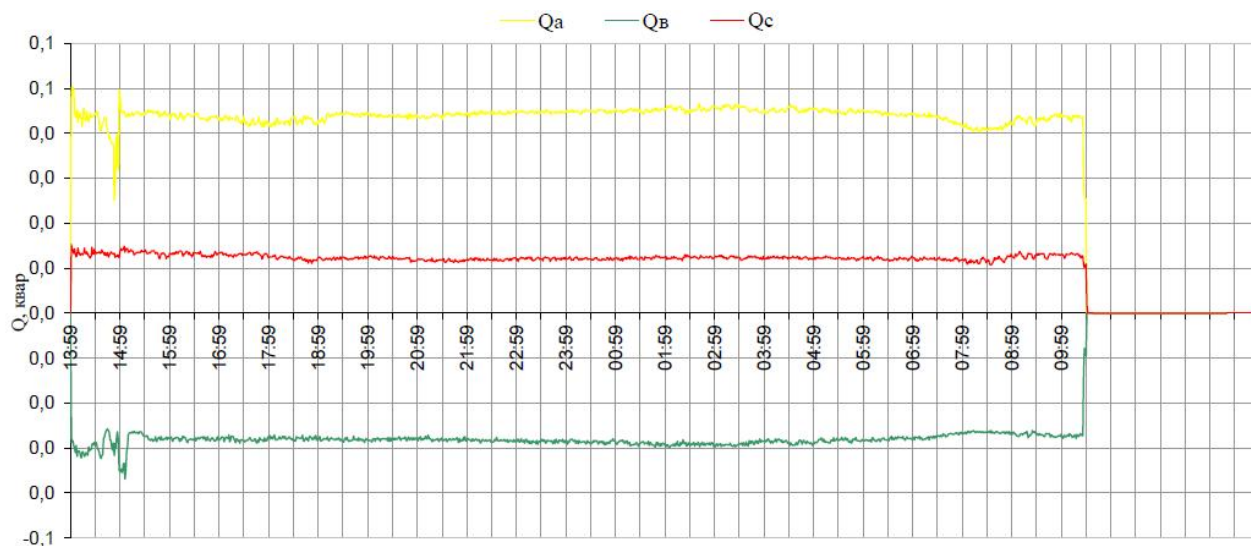


Рисунок 3.3 – Графік споживання реактивного навантаження.

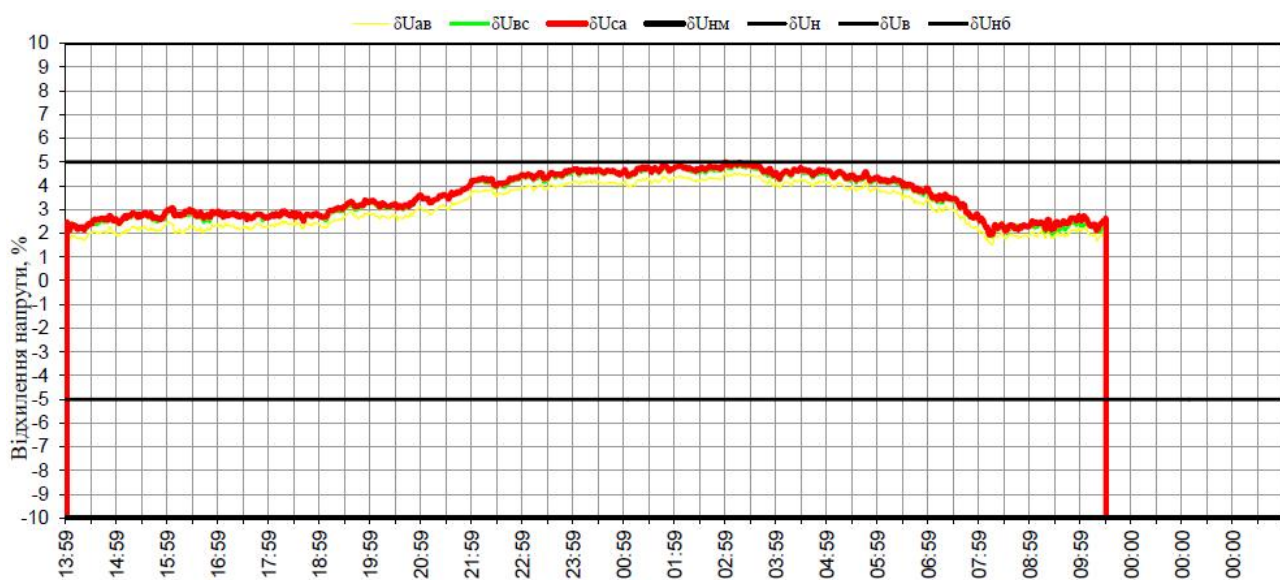


Рисунок 3.4 – Відхилення міжфазних напруг.

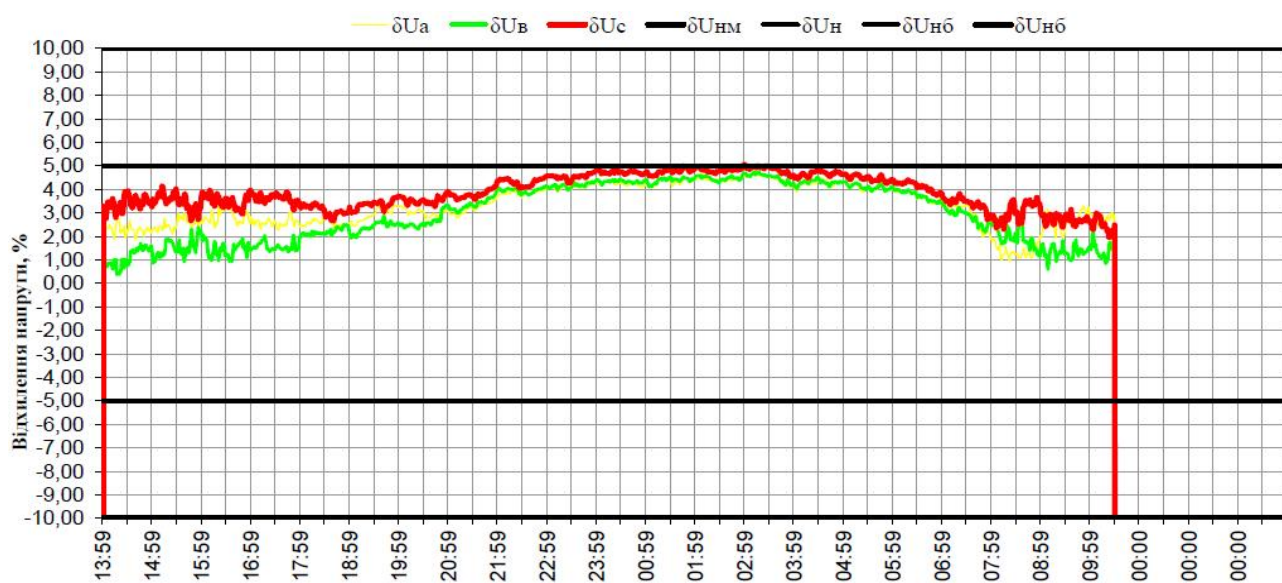


Рисунок 3.5 – Відхилення фазних напруг.

3.6 Розрахунок втрат, обумовлених допустимими похибками системи обліку електроенергії

Абсолютні втрати електроенергії, обумовлені допустимими погрішностями системи обліку електроенергії, визначаються як граничне значення величини допустимого небалансу електроенергії в цілому по електричній мережі з урахуванням даних за базовий період по формулі:

$$\Delta W_{\text{абс.втр.}} = 0,01 \cdot \sqrt{\delta_{\text{кан}}^2 \cdot W_{\text{рік}}^2 + \delta_{\text{кан1}}^2 \cdot W_1^2 + \delta_{\text{кан2}}^2 \cdot W_2^2}$$

де, $\delta_{\text{кан}}$ – похибка вимірювального каналу прийнятої активної електроенергії %;

$W_{\text{рік}}$ – річна кількість електроенергії, спожитої за базовий період, кВт·год;

W_1 – кількість електроенергії, врахована вимірювальними каналами з трансформаторами струму, кВт·год;

W_2 – кількість електроенергії, врахована вимірювальними каналами з лічильниками прямого включення, кВт·год.

Відносні втрати електроенергії, обумовлені допустимими похибками системи обліку електроенергії у базовому періоді рівні:

$$\Delta W_{\text{відн.втр.}} = \frac{\Delta W_{\text{абс.втр.}}}{W_{\text{рік}}} \cdot 100, \%$$

Похибку вимірювального каналу активної електроенергії визначимо по формулі:

$$\delta_{\text{кан1}} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{ліч.1}}^2 + \delta_{\text{ТС}}^2} = \pm 1,1 \sqrt{1^2 + 0,5^2} = \pm 1,23\%$$

$$\delta_{\text{кан2}} = \pm 1,1 \sqrt{\delta_{\text{ліч.2}}^2 + \delta_{\text{ТС}}^2} = \pm 1,1 \sqrt{1^2 + 0,5^2} = \pm 1,23\%$$

де $\delta_{\text{ліч.2}}$, $\delta_{\text{ТС}}$ основні допустимі похибки лічильників, трансформаторів струму, за нормальних умов (приймаються за значенням класів точності: Електролічильники СЕ303-У - 14 шт., клас точності – 1.0, Трансформатори

струму *ТТИ* – 50 / 5 (5 ВА) - 6 шт., клас точності - 0,5, %;
ТТИ – 200 / 5 (5 ВА) - 6 шт, *ТТИ* – 5 / 5 (5 ВА) клас точності - 0,2% - 10 шт.

$$\Delta W_{\text{абс.втр.}} = 0,01 \cdot \sqrt{(1,23 + 1,23)^2 \cdot 971364^2} = 14570,46 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$\Delta W_{\text{відн.втр.}} = \frac{14570,46}{971364} \cdot 100 = 1,5 \%$$

Втрати електроенергії, обумовлені допустимими похибками системи обліку електроенергії для АІВС КОЕ складають 14570,46 кВт·год.

3.7 Висновки до розділу 3

У цьому розділі опрацьовано питання впровадження системи автоматизованого комерційного обліку електричної енергії. При цьому, пропоновані заходи ґрунтуються на сучасних технологіях у сфері енергозбереження.

Термін окупності пропонованих заходів складає 5,9 років, витрати на впровадження заходів 10791 тис. грн, в річному вираженні економія електричної енергії складе 355,8 тис. кВт·год в рік, а в грошовому вираженні складе 1836,8 тис. грн. в рік.

Таким чином, реалізація розроблених заходів дозволить істотно знизити витрати навчального закладу на електричну енергію.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Основні причини ураження людини електричним струмом

До основних причин ураження електричним струмом відносять:

- а) випадкове доторкання або приближення на небезпечну відстань до частин електрообладнання, що знаходяться під напругою;
- б) виникнення напруги на металічних конструктивних частинах електрообладнання - корпусах, кожухах, в результаті пошкодження ізоляції чи інших причин;
- в) виникнення напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, внаслідок випадкового включення установки;
- г) виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання провідника на землю.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом являються: забезпечення недоступності частин електрообладнання, що знаходяться під напругою, від випадкового до нього доторкання; захисне розділення кола; усунення небезпеки ураження електричним струмом при виникненні напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електрообладнання, що досягається завдяки використанню малих напруг та подвійної ізоляції, вирівнюванню потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням, використанню спеціальних захисних пристроїв - переносних приладів і засобів; організація безпечної експлуатації електрообладнання.

Захисне розділення кола. В розкиданих електричних колах або з великою протяжністю навіть справна ізоляція може мати досить маленький опір, а ємність провідників відносно землі - велику величину. Ці обставини можуть становити велику небезпеку, так як в таких колах до 1000 В із ізолюваною нейтраллю втрачається захисна функція ізоляції провідників і виникає небезпека ураження людини електричним струмом у випадку її доторкання до провідника електричного кола або до іншого предмету, що знаходився під

фазною напругою. Цей недолік електричного кола може бути усунений шляхом захисного розділення кола, тобто розділення досить протяжних гілок електричного кола на декілька менш протяжних і електрично між собою не з'єднаних. Розділення виконують за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів. В результаті такого розділення ізольовані ділянки електричного кола мають великий опір ізоляції та малу ємність провідників відносно землі, завдяки чому можна покращити умови безпеки загалом.

4.2 Захисне заземлення та занулення

Захисне заземлення - спеціальне з'єднання із землею металевих частин обладнання, що не знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції електрообладнання.

Основна мета захисного заземлення - усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Принцип роботи захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг доторкнення та кроку, зумовлених "замиканням на корпус". Це досягається зменшенням потенціалу заземленого обладнання, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підйому потенціалу основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького по величині до потенціалу заземленого обладнання.

Застосовують захисне заземлення у трифазних колах з напругою до 1000 В з ізолюованою нейтраллю і більше 1000 В з любым режимом нейтралі.

Заземлюючим пристроєм називають сукупність заземлювача – металевих провідників, що мають електричний зв'язок із землею, і заземлюючих провідників, що з'єднують заземлені частини електрообладнання із заземлювачем. Відрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносні та контурні.

Виносний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його заземлювач поміщений за територію де розміщено заземлююче обладнання, або заземлювач розташовують на невеликій частині цієї території. Недоліком виносного заземлюючого пристрою являється віддалення заземлювача від заземлюючого електрообладнання, внаслідок чого коефіцієнт $a=1$. Тому такий тип заземлення застосовують при малих струмах замикання на землю і частково в установках до 1000 В, де потенціал заземлювача не перевищує допустимої напруги доторкування. Перевагою являється те, що можна вибрати місце розміщення електродів із найменшим опором ґрунту.

Контурний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його одиночні заземлювачі розміщуються по контуру або периметру території, на якій знаходиться заземлююче обладнання, або розподіляються по всій території рівномірно. При контурному заземленні забезпечується вирівнювання потенціала на території до такої величини, щоб максимальне значення напруг доторкання та кроку не перевищували допустимих. Це досягається шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів. В середині приміщення вирівнювання потенціалу відбувається природнім шляхом через металічні конструкції, трубопроводи, кабелі і інші струмопровідні елементи, що зв'язані із колом заземлення.

Розрізняють штучні заземлювачі, що використовують виключно для заземлення та природні - металічні предмети для іншого призначення, що знаходяться в землі. Для штучного заземлення використовують зазвичай вертикальні і горизонтальні електроди. В якості вертикальних електродів використовують металічні труби діаметром 3-5 см і металічні кутники розміром від 40x40 до 60x60 мм і довжиною 2,5-3 м. В останні роки всечастіше почали використовувати металічні прутки 10-12 мм і довжиною до 10м. Для зв'язку вертикальних електродів і в якості горизонтального електрода використовують полосну сталь січенням не менше 4x12 мм або сталь круглого січення діаметром не менше 6 мм. Для розміщення вертикальних заземлювачів риють

траншею глибиною 0,7 - 0,8 м, після чого за допомогою механізмів забивають труби або кутники.

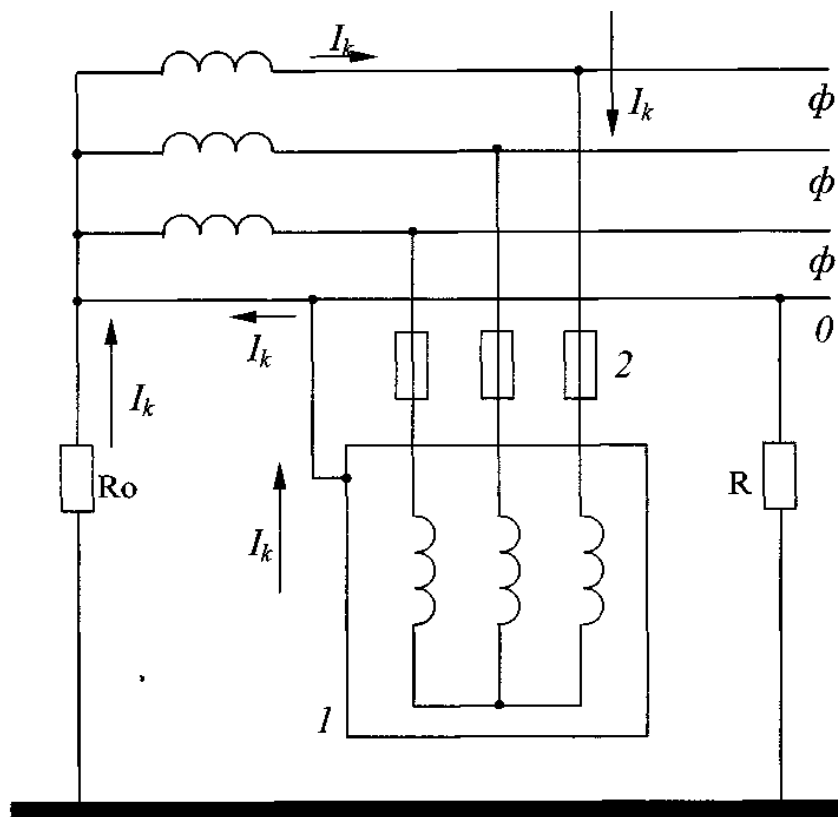
В якості природних заземлювачів можна використовувати проложені в землі водопровідні труби і інші металічні трубопроводи, за виключенням труб, що проводять горючі суміші, газ, а також не можна використовувати в якості природних заземлювачів трубопроводи, що покриті ізоляцією для захисту від корозії. Також використовують металічні конструкції і арматуру залізобетонних конструкцій будинків, що мають з'єднання із землею; свинцеві оболонки кабелів, що проходять під землею.

Відповідно до ПУЕ, опір захисного заземлення в любую пору року не повинно перевищувати 4 Ом в установках із напругою до 1000 В, але якщо потужність джерела струму (генератора або трансформатора) менше 100 кВ·А тоді опір заземлення допускається 10 Ом. Для установок із напругою вище 1000 В та з великими струмами замикання на землю (більше 500 А) опір заземлення не повинен перевищувати 0,5 Ом. Не більше 10 Ом опір заземлення повинен бути для установок більше 1000 В із малими струмами замикання на землю і без компенсації ємнісних струмів; якщо заземлююче обладнання одночасно використовується для електроустановок напругою до 1000 В, то опір заземлення не повинен перевищувати $125/I_3$, але не більше 10 Ом (або 4 Ом, якщо це вимагається для установок до 1000 В).

Захисне заземлення необхідне при експлуатації обладнання, яке може опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції самого електрообладнання. При цьому в приміщеннях із підвищеною небезпекою або заземлення являється обов'язковою умовою при номінальній напрузі електрообладнання вище 36 В змінного і ПО В постійного струму, а в приміщеннях без підвищеної небезпеки - при напрузі 500 В і вище. Тільки у вибухонебезпечних приміщеннях заземлення використовують незалежно від величини напруги. Отже, за допомогою захисного заземлення можна уникнути небезпеки ураження людини електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Занулення

Зануленням називають приєднання до не однократного заземленого нульового проводу живлячих кола корпусів і інших конструктивних сталених елементів електрообладнання, які у звичайних умовах не знаходяться під напругою, але внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою. Принципова схема заземлення показана на рис 4.1. Основна функція занулення така ж як у захисного заземлення: унеможливлення небезпеки ураження людей струмом при пробії на корпус. Вирішується така задача автоматичним відключенням пошкодженого обладнання від кола живлення.



1 - корпус; 2 - апарати захисту від струмів короткого замикання; R_0 - опір заземлення нейтралі джерела струму; R - опір повторного заземлення нульового проводу; I_k - струм короткого замикання

Рисунок 4.1 Принципова схема занулення.

Принцип дії занулення - перетворити пробій на корпус в однофазне коротке замикання, тобто замикання між фазним і нульовим проводами, із метою створення великого по величині струму, що зможе забезпечити

ввімкнення захисту і тим самим відключити обладнання від кола живлення. До такого захисту можна віднести: плавкі вставки чи автоматичні вимикачі, що ставлять перед користувачами електричної енергії для захисту від струмів короткого замикання. Швидкість відключення пошкодженого обладнання, тобто час з моменту виникнення напруги на корпусі до моменту відключення установки від кола живлення, складає 5-7 с при захисті обладнання плавкими вставками і 1-2 с при захисті автоматами. Область застосування занулення до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю. Зазвичай це кола напругою 380/220 і 220/127 В.

На рис 4.1 можна побачити, що схема занулення потребує нульового проводу, заземлення нейтралі джерела струму і повторного заземлення нульового проводу, який створює струм короткого замикання схеми з малим опором, щоб цей струм був достатнім для швидкого спрацювання захисту, тобто моментального відключення пошкодженого обладнання від живлення.

Відповідно до вимог ПУЕ нульовий провід повинен мати провідність не менше половини провідності фазного проводу. У такому випадку струм короткого замикання буде достатнім для швидкого відключення пошкодженої електроустановки, що у свою чергу дозволить зменшити можливість ураження людини електричним струмом при пробії на корпус.

Занулення виконують обов'язково для електричних кіл із напругою 380/220 В.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра здійснено розробку заходів із підвищення енергетичної ефективності системи електропостачання навчального закладу.

В ході виконання КРБ проведений аналіз споживання електроенергії електроприймачами і системою освітлення. Розглянута структура об'ємів споживання електричної енергії різними споживачами. Проведений аналіз системи комерційного обліку електричної енергії. На підставі аналізу розроблені заходи після підвищення енергетичної ефективності системи електропостачання освітньої установи.

Детально розглянуто питання заміни існуючої системи освітлення на енергоефективну систему освітлення на базі світлодіодних світильників. Приведені результати розрахунку системи освітлення в програмному середовищі DiaLUX.

Опрацьовано питання впровадження системи автоматизованого комерційного обліку електричної енергії. При цьому, пропоновані заходи ґрунтуються на сучасних технологіях у сфері енергозбереження.

Термін окупності запропонованих заходів складає 5.9 років, витрати на впровадження заходів 10 791 тис. грн, в річному вираженні економія електричної енергії складе 355,8 тис.кВт·год в рік, а в грошовому вираженні складе 1836,8 тис.грн. в рік.

Таким чином, реалізація розроблених заходів дозволить істотно знизити витрати навчального закладу на електричну енергію.

Цілі і завдання, поставлені у роботі досягнуті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гаврилюк, В. Р.; Боярчук, Б. А. Підвищення енергоефективності в будівлях навчальних закладів. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, 2017, 7: 38-42.
2. Сафронова, О. О.; Сафронов, В. К. Перспективні засоби освітлення у вирішенні питання підвищення енергоефективності інтер'єрного простору ВНЗ. Енергоефективність в будівництві та архітектурі, 2013, 5: 114-119.
3. Закон України: Закон від 21.10.2021 № 1818-IX // відомості Верховної Ради України. Київ: Мін-во Юстиції України, 2021. 21 с.
4. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України: Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель від 18.12.2020 № 1257/35540 // відомості Верховної Ради України. Київ: Мін-во Юстиції України, 2020. 5 с.
5. Житомирський державний університет імені Івана Франка: [Веб-сайт]. Житомир. URL: <https://zu.edu.ua/> (дата звернення: 18.02.2022).
6. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : Державні будівельні норми і правила // ДП "Укрархбудінформ". Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 169 с.
7. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
8. Системи заземлення, типи, TN-C, TN-C-S, TN-S, TT, IT // Енергомаг: [Веб-сайт]. Київ, 2021. URL: <https://energomag.net/zazemlenie-dlya-doma/sistemi-zazemlennya-tipitn-c-tn-c-s-tn-s-tt-it> (дата звернення: 18.02.2022).
9. Про кризу в енергетиці та її причини // ЕнергоВсесвіт: [Веб-сайт]. Київ, 2021. URL: <https://vse.energy/blogs/plachkov/1920-cause-of-the-crisis> (дата звернення: 20.02.2022).
10. Закон України "Про енергетичну ефективність": Закон від 21.10.2021 Документ 1818-IX // відомості Верховної Ради. Київ: Мін-во Юстиції України, 2021. 23 с.

11. Переваги світлодіодних ламп в порівнянні з іншими джерелами світла // Державне підприємство електричних мереж зовнішнього освітлення «Міськсвітло»: [Веб-сайт]. Івано-Франківськ, 2020. URL: http://misksvitlo.if.ua/?page_id=954 (дата звернення: 21.01.2022).

12. Луньова Т. С. Енергоефективність економіки України: проблеми та перспективи. Науковий вісник Національної академії статистики, обліку та аудиту: зб. наук. пр. 2021. №1-2. С. 36-42

13. Горбатюк, Роман Михайлович; Бочар, Ігор Йосипович. Енергозбереження в освіті – запорука успішного розвитку українського суспільства. 2021.

14. Пантелєєва, І. В. Організаційні та технічні заходи з енергозбереження. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил, 2016, 4: 125-127.

15. Технічні та функціональні характеристики LED-світильників // УкрЗахідІнформ: [Веб-сайт]. Київ, 2018. URL: <http://uzinform.com.ua/news/2018/05/16/154983.html> (дата звернення: 22.02.2022).

16. ДСТУ EN 12464-1:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця

17. Коваленко, І. В. (2012). Обґрунтування заміни ламп розжарювання на енергоекономічні для освітлення навчального закладу Коваленко І.В.; Жарков В.Я. Матеріали науково-технічної конференції студентів та магістрантів Таврійського державного агротехнологічного університету. Випуск XI. Том II.- Мелітополь: ТДАТУ, 2012.-318 с.

18. Роєнко, О. О. (2021). Інтелектуальне освітлення приміщення з врахуванням індивідуальних потреб користувача (Bachelor's thesis, КПІ ім. Ігоря Сікорського).

19. Автоматизовані системи комерційного та технічного обліку електричної енергії // Енерджи Лаб Україна: [Веб-сайт]. Київ, 2021. URL:

<https://energylabukraine.com/posluhy/avtomatyzovani-systemy-kommertsii-noho-ta-tekhnichnoho-obliku-elektrychnoi-enerhii> (дата звернення: 02.10.2022).

20. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.

21. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : ДБН В 2.5-23-2003. — К. : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2004.

22. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 169 с.

23. Державні Будівельні Норми України. ДБН В.2.5-28:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. Чинні з 28.02.2019 р.

24. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.

25. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом

26. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.