

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з виконання курсового проекту з дисципліни

“Енергозбереження в технологічних установах та будівлях”

для студентів спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка (усіх форм навчання),
спеціалізація: Енергетичний менеджмент

Методичні вказівки з виконання курсового проекту з дисципліни “Енергозбереження в технологічних установах та будівлях” для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (усіх форм навчання), спеціалізація: Енергетичний менеджмент / Укл.: А. П. Заболотний, Д. В. Федоша, - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 34 с.

Укладачі:

А. П. Заболотний, доцент, к.т.н.
Д. В. Федоша, доцент, к.т.н.

Рецензент:

В.В.Попов, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

О. А. Шрам, зав.кафедрою, доцент,
к.т.н.

Затверджено
На засіданні кафедри ЕПП
Протокол № 6
Від «17» березня 2021

Рекомендовано до видання
НМК Електротехнічного факультету
Протокол № 1
Від « 19» серпня 2021

ЗМІСТ

1 Мета і завдання курсового проекту	4
2 Обсяг та зміст курсового проекту	4
3 Завдання на курсовий проект	5
4 Організаційні вказівки	6
5 Методичні вказівки до основних розділів проекту	6
5.1 Характеристика технологічного процесу об'єкта	6
5.2 Проектування ділянки цеху	7
5.3 Розрахунок навантаження системи освітлення	16
5.4 Розрахунок електричного навантаження об'єкта	18
5.5 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової трансформаторної підстанції об'єкта	19
5.6 Вибір варіантів живлячої мережі напругою вище 1 кВ	21
5.7 Розрахунок втрат електричної енергії в елементах системи цехового електропостачання та складання балансу втрат електроенергії	22
5.8 Регулювання приєднаною потужністю трансформатора	23
5.9 Модернізація системи освітлення цеху	24
5.10 Визначення теплової потужності будівлі. Оцінка можливості термомодернізації будинку	26
5.11 Енергозберігаючі заходи в технологічних установках об'єкта	32
Перелік посилань	33

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект - підсумкова самостійна робота студентів з дисципліни "Енергозбереження в технологічних установках та будівлях". Основною його метою є закріплення, розширення і систематизація знань студентів, отриманих на лекціях і лабораторних заняттях, виробничих практиках, а також при вивченні таких суміжних дисциплін, як "Математичні задачі енергетики", "Електричні системи і мережі", "Електропостачання промислових підприємств", "Енергетичний аудит", "Енергетичний менеджмент" та ін.

Робота над проектом дозволить студентам придбати знання в області побудови, функціонування і розвитку систем електропостачання промислових підприємств з врахуванням специфіки використовуваних технологічних установках, практично освоїти методи розрахунку, проектування та оптимізації систем електропостачання, навички оцінки теплової потужності будівлі, знання в області застосування теплоізолюючих матеріалів, придбати навички виконання самостійної творчої роботи, користуватися довідковою літературою, стандартами, нормативами та каталогами.

2 ОБСЯГ ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект, складається з пояснювальної записки (ПЗ) обсягом 40-50 сторінок рукописного тексту формату А4 і графічної частини - 2 листа формату А1. Усі розрахунки і прийняті технічні рішення повинні мати обґрунтування, у необхідних випадках підтверджуватися техніко-економічними розрахунками, супроводжуватися схемами, графіками, ілюстративним матеріалом та ін.

Креслення повинні відображати комплекс прийнятих і описаних у ПЗ проектних рішень та бути логічно з нею ув'язані.

3 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Завдання на курсовий проект видаються керівником проекту та об'єднує перелік питань, що підлягають розробці, графічного матеріалу, а також, в обов'язковому порядку, елементи новизни і прогресивності, які забезпечують творчий характер роботи над курсовим проектом.

Відповідно до затвердженої програми курсу і вимогам кваліфікаційної характеристики фахівця спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (усіх форм навчання), спеціалізація: «Енергетичний менеджмент» у курсовому проекті необхідно розробити робочі креслення системи електропостачання ділянки цеху промислового підприємства, визначити теплотехнічні показники будівлі, економічні показники запропонованих заходів з енергозбереження.

При виконанні курсового проекту з дисципліни "Енергозбереження в технологічних установках та будівлях" вихідними даними є:

- план цеху з вказівкою прольотів, ділянок та розміщенням технологічного обладнання по всьому цеху;
- схема електропостачання цеху окремої ділянки або прольоту;
- специфікація технологічного обладнання з наведенням кількості і потужності приймачів електроенергії з напругою до та понад 1 кВ та їх енергетичних характеристик;
- характеристика середовища приміщень за ПУЕ;
- змінність роботи цеху і завантаження по змінах;
- відомості про джерело живлення (напруга, віддаленість); струми короткого замикання на шинах розподільчих пристроїв
- значення струмів коротких замикань мережі 0,4 та 10 кВ;
- теплотехнічні показники матеріалу огорожуючої конструкції будівлі;
- кліматичні дані регіону, в якому розміщений цех.

При виконанні курсового проекту на реальні виробничі і дослідницькі теми вихідні дані на проектування визначає керівник проекту на підставі технічного завдання.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ

Методичне та організаційне керівництво курсовим проектуванням забезпечується керівником проекту.

Керівник проекту постійно контролює виконання календарного графіка поетапного виконання курсового проекту студентом та робить позначку про виконану роботу студентом в календарному графіку.

Студент самостійно працює над курсовим проектом: приймає технічні рішення, виконує усі розрахунки, використовуючи навчальну, довідково-католожну, науково-технічну та іншу інформацію.

Консультації керівника повинні мати характер спрямовуючих вказівок, що допоможуть розкрити сутність поставлених завдань, шляхи їх рішень, а також спонукаючих студента на самостійну, творчу роботу. Керівник звертає увагу студента на технічно і стилістично грамотний виклад ПЗ.

5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОСНОВНИХ РОЗДІЛІВ ПРОЕКТУ

5.1 Характеристика технологічного процесу об'єкта

Проектування систем електропостачання необхідно починати з вивчення технології виробництва, специфічності роботи технологічних установок, що дозволить достовірніше визначити очікувані електричні навантаження і вибрати раціональну схему системи електропостачання.

У даному розділі курсового проекту студент повинний:

- коротко охарактеризувати використання основного технологічного устаткування в технологічному процесі, його взаємозв'язок у ньому, режим роботи приймачів електроенергії;
- охарактеризувати навколишнє середовище по технологічних зонах об'єкта, що проектується;
- обґрунтувати вимоги до схеми електропостачання з точки зору безперебійності живлення електроспоживачів, а також інші вимоги, які висуваються до електропостачання об'єкта, що проектується.

5.2 Проектування ділянки цеху

За результатами розрахунку електричних навантажень вибирають схему й елементи системи електропостачання, зокрема вузлів навантаження згідно завдання. Необхідно визначити розрахункове за активними і реактивними потужностями і за струмом (навантаження за довготривалим припустимим нагріванням); пікове за струмом (короткочасне, обумовлене режимом пуску приймача чи групи приймачів електроенергії навантаження).

Рекомендується розрахункове навантаження силового електрообладнання будь-якого вузла цехової мережі визначати методом упорядкованих діаграм показників графіків навантаження [2-5].

Вихідними даними для даного методу розрахунку є номінальне навантаження за активною потужністю кожного приймача електроенергії вузла, що розраховується, кВт, і тривалість включення (ТВ, %) - згідно завдання на проектування; а також середньозважений коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ і індивідуальний коефіцієнт використання за активною потужністю $k_{ва}$ кожного приймача електроенергії (вибирається з довідників [4,5]).

Якщо розрахункове навантаження вузла силової розподільчої мережі визначається методом упорядкованих діаграм, то для поділу приймачів електроенергії за графіками навантаження усередині вузла, що розраховується, рекомендується застосовувати наступне правило: якщо $k_{ва} \geq 0,6$ та $ТВ = 100\%$ (одночасно), то приймач електроенергії має рівномірний (постійний) графік навантаження; при невиконанні хоча б однієї з приведених умов варто відносити приймач електроенергії до групи з нерівномірним (перемінним) графіком навантаження.

Резервні, ремонтні і працюючі в короткочасному режимі силові приймачі електроенергії (засувки, вентиля, дренажні насоси та ін.) у розрахунку електричних навантажень не враховуються. При наявності в цеху потужних технологічних установок електроенергії з нерівномірним графіком навантаження (прокатні стани, потужні електропечі та ін.) розрахункове навантаження по цеху визначається алгебраїчним підсумовуванням розрахункових навантажень від цих і інших приймачів електроенергії. Причому, розрахункове навантаження таких потужних приймачів електроенергії визначається

або методом питомих витрат електроенергії на одиницю продукції, або за допомогою технологічного графіка навантаження, або методом упорядкованих діаграм.

Однофазні технологічні установки, включені у мережу на фазні і лінійні напруги і розподілені по фазах з нерівномірністю не більш 15% щодо сумарної потужності трифазних і рівномірно розподілених однофазних приймачів електроенергії, враховуються в розрахунках як трифазні приймачі електроенергії тієї ж сумарної потужності. При перевищенні зазначеної нерівномірності розрахункове навантаження від однофазних приймачів електроенергії приймається рівним триразовому значенню навантаження найбільш завантаженої фази відповідно до методики розрахунку [2, 3].

Силові приймачі електроенергії з випереджуючим струмом (статичні конденсатори, синхронні двигуни в режимі перезбудження) враховуються в розрахунку електричних навантажень за реактивною потужністю зі знаком "-".

Розрахунок електричних навантажень за допомогою програми pagr.exe, розроблена кафедрою. Результатами розрахунків є значення розрахункового за активними і реактивними потужностями і за струмом (навантаження за довготривалим припустимим нагріванням) навантаження.

Пікове навантаження одного приймача електроенергії приймається рівним пусковому струму для двигуна і піковому для пічних і зварювальних трансформаторів. Значення цих струмів даються в заводських паспортах приймачів електроенергії. Якщо дані відсутні, то пусковий струм двигуна чи піковий для пічного і зварювального трансформатора допускається визначати за формулою

$$I_{\text{пуск}} = I_{\text{ном}} * k_{\text{п}} ,$$

де - $I_{\text{ном}}$ - номінальний струм приймача електроенергії, А;

$k_{\text{п}}$ - кратність збільшення номінального струму в режимі його пуску (кратність пуску); $k_{\text{п}} = 5$ - для асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором і синхронних двигунів; $k_{\text{п}} = 2,5$ - для асинхронних двигунів з фазним ротором і двигунів постійного струму; $k_{\text{п}} = 3$ - для пічних і зварювальних трансформаторів (при цьому паспортний струм не повинен приводитися до $TB = 100\%$).

Пікове навантаження групи приймачів електроенергії, що включаються одночасно, приймається рівним алгебраїчній сумі пікових навантажень усіх приймачів електроенергії, що входять у групу. У протилежному випадку це навантаження визначається за формулою:

$$I_{\text{пik}} = i_{\text{пуск max}} + I_{\text{розр}} - I_{\text{ном max}}$$

де $i_{\text{пik max}}$ – найбільший з пікових струмів приймачів електроенергії, що входять у групу;

$I_{\text{розр}}$ – розрахункове навантаження за планом групи приймачів електроенергії;

$I_{\text{ном max}}$ – номінальний струм приймача електроенергії, якому відповідає максимальний пусковий струм $i_{\text{пуск max}}$.

Якщо приймачі електроенергії не мають пускових струмів або мають їх короткочасними, то їхні пікові навантаження приймаються рівними розрахунковим.

Для розподілу електроенергії в цехах промислових підприємств [6] широко застосовуються радіальна, магістральна схеми і їхні різновиди (змішана схема, схема блоків трансформатор - магістраль та ін.). В усіх випадках, коли цьому не перешкоджають місцеві умови, для розподілу електроенергії рекомендується застосовувати магістральні схеми, у тому числі схеми блоків трансформатор - магістраль (головні магістралі) з числом магістралей, рівних числу трансформаторів і по можливості без розподільних пристроїв низької напруги на підстанціях. Допускаються схеми блоків трансформатор-магістраль виконувати з невеликим розподільним пристроєм, якщо це необхідно для живлення електричного освітлення й інших навантажень, відключати які з відключенням головної магістралі неприпустимо.

Вибір уставок апаратів захисту живильної і розподільної мережі дільниці цеху проводимо наступним кроком.

Вибір розподільних пристроїв (силових розподільних пунктів, розподільних шинопроводів, магістральних, шаф комплектних трансформаторних підстанцій чи типові панелі розподільного щита низької напруги підстанцій, щитів станцій керування та ін.) необхідно виконувати з врахуванням наступних умов:

а) типові виконання розподільних пунктів визначаються ступенем захисту від навколишнього середовища, загальним розрахунковим навантаженням, кількістю приєднань і їх номінальною потужністю, вимогами захисту мережі згідно [1]. В усіх випадках, коли не потрібний захист мережі від перевантаження при радіальних схемах живлення від розподільних пунктів, рекомендується [6] застосовувати схеми живлення із запобіжниками;

б) розподільні шинопроводи - за припустимим нагріванням максимальним розрахунковим струмом, включаючи конструктивні елементи шинопроводу (прямі секції з відгалужувальними коробками, вхідні, перехідні, торцеві та ін.);

в) головні магістралі - за максимальним розрахунковим струмом навантаження, а при наявності резервних перемичок - за максимальним розрахунковим струмом обваженого режиму (тобто режиму перевантаження);

г) шафи комплектних трансформаторних підстанцій чи типові панелі РП-0,4 кВ цехових трансформаторних підстанцій - ввідні шафи, секційні, лінійні, освітлювальні, конденсаторні та ін. (визначається в кожному конкретному випадку прийнятою схемою розподілу електроенергії в цеху);

д) ввідні і секційні шафи - за максимальним розрахунковим струмом обваженого режиму роботи з можливістю використання їх у схемах автоматичного включення резерву;

е) лінійні шафи - для нормального режиму роботи з урахуванням вимог [1] до захисту мережі і забезпечення селективності дії захисту;

ж) розподільні пристрої вузлів навантаження - у табличній формі з наведенням всіх технічних даних. Форма таблиці довільна.

В якості апаратів захисту цехових мереж і установок промислових підприємств напругою до 1 кВ варто застосовувати плавкі запобіжники й автоматичні вимикачі [1, 6]. Цими апаратами комплектуються типові панелі (наприклад ЩО93) і шафи, з яких набирається РП-0,4 кВ цехових трансформаторних підстанцій, силові пункти, розподільні шинопроводи, силові ящики, шафи керування, блоки керування та ін. Відповідно до вимог [1, 6] рекомендується широко застосовувати плавкі запобіжники, не допускаючи необґрунтованого використання автоматичних вимикачів.

Автоматичні вимикачі варто застосовувати:

а) при необхідності автоматизації керування (автоматичне повторне включення, автоматичне включення резерву та ін.);

б) при частих аварійних відключеннях (випробувальні, лабораторні та ін. установки);

в) при більш швидкому в порівнянні з плавкими запобіжниками відновленні живлення.

При захисті автоматичними вимикачами в цехових розподільних пристроях, на відгалуженнях від магістральних шинопроводів, на щитах підстанцій для захисту ліній, що відходять, з розрахунковими струмами до 630 А включно рекомендуються установочні автоматичні вимикачі (наприклад, серії ВА50, АЗ700, АЕ-2000), якщо застосування інших вимикачів не диктується особливими умовами.

Потужні, а отже, більш важкі і дорогі вимикачі підстанційного типу (наприклад "Електрон", ВА50, АЗ700 габариту 630 А та більше) рекомендується застосовувати головним чином у розподільних пристроях підстанцій, а саме, на вводі, секційних зв'язках, а також для захисту відгалужень з номінальним струмом не менш 400 А. Для захисту менш потужних відгалужень такі вимикачі допускаються як виняток при наявності необхідних обґрунтувань.

Місця установки апаратів захисту повинні визначатися в проєкті відповідно до вимог розділу 3 [1]. Не рекомендується встановлювати апарати захисту наприкінці ліній, що живлять цехові розподільні пристрої (наприклад, на вводах у шафи керування електроприймачів, у силові розподільні пункти, щити станцій керування та ін.), що дублюють захист апаратів головних ділянок ліній. Наприкінці таких ліній для можливості аварійного відключення в екстрених випадках варто передбачати рубильник.

Апарати захисту повинні встановлюватися безпосередньо в місцях приєднання провідників, що захищаються, до живлячої лінії на відстані від місця приєднання відгалуження до 6 м за умови, що переріз провідника на цій ділянці повинен бути не менш перерізу провідника після апарата захисту.

Для відгалужень, що виконуються у важкодоступних місцях, апарати захисту допускається встановлювати на відстані до 30 м від точки відгалуження за умови, що переріз провідника відгалуження, обумовлений розрахунковим струмом, повинен забезпечувати не менш 10% пропускної здатності захищеної ділянки живильної лінії. Прокладка провідників на незахищених ділянках повинна

здійснюватися при горючих зовнішніх оболонках чи ізоляції провідників - у трубах, металорукавах або коробах.

Технічні характеристики захисних апаратів треба вибирати з урахуванням усіх можливих режимних станів елементів мережі і приймачів електроенергії. Апарати захисту за своєю здатністю відключення, повинні відповідати максимальному значенню струму короткого замикання на початку ділянки електричної мережі, що захищається.

Для захисту плавкими запобіжниками останні рекомендується застосовувати з наповнювачем (наприклад, НПН, ПН2). Запобіжники без наповнювача (наприклад, ПР-2) допускаються в невеликих, переважно пересувних установках і при розширенні діючих установок з такими ж запобіжниками.

Номинальні струми плавких вставок запобіжників і струми уставок автоматичних вимикачів у всіх випадках варто вибирати по можливості найменшими за розрахунковими струмами ділянок чи мережі за номінальними струмами електроприймачів, щоб апарати захисту не відключали електроустановки при короточасних перевантаженнях (пускові струми, технологічні перевантаження, струми при самозапуску та ін.).

Рекомендується застосовувати:

- для керування електроприймачами тривалого режиму роботи (виняток складають відповідальні електродвигуни, для яких потрібен самозапуск) - магнітні пускачі, контактори, що забезпечують нульовий захист;

- для керування електроприймачами повторно-короткочасного режиму роботи - контактори, що забезпечують нульовий захист і розраховані на відповідну частоту включень в умовах включення і відключення пускових струмів.

Використання для керування електродвигунами автоматичних вимикачів (замість магнітних пускачів і контакторів) допускається лише відповідно до технічних умов на ці вимикачі.

Застосування рубильників для безпосереднього включення і відключення короткозамкнених електродвигунів допускається, коли двигуни разом зі сполученими з ними механізмами доступні для обслуговування тільки кваліфікованому персоналу, а також за умови, що потужність двигуна не перевищує 10 кВт. При цьому номінальний

струм рубильника повинний перевищувати номінальний струм двигуна не менш ніж у 2,5 рази.

Апарати керування електроприймачами в залежності від місцевих умов можуть установлюватися:

а) розподілено або групами відкрито на стінах, колонах чи конструкціях безпосередньо в цехах поблизу керованих механізмів. У цих випадках повинні застосовуватися апарати в оболонках, що задовольняють вимогам захисту від впливу навколишнього середовища цеху;

б) у шафах, що задовольняють вимогам захисту від навколишнього середовища цеху, чи на відкритих панелях, установлених на ділянках цеху з нормальним середовищем;

в) відкрито на щитах, розташованих в ізольованих електротехнічних приміщеннях станцій керування. Щит станції керування комплектується з окремих апаратів відкритого виконання, або зі станцій керування. Таке розташування апаратів керування і захисту повинне передбачатися у випадках, коли концентрація їх в одному пункті технічно й економічно доцільна як з погляду схеми розподілу електроенергії, так і керування [3-5, 11, каталоги Інформелектро та ін.].

Уставки автоматичних вимикачів вибираються за наступними умовами [11] :

$$U_{\text{ном.АВ}} \geq U_{\text{ном.мер}}$$

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq I_p$$

$$I_{\text{теп.расц}} \geq I_p$$

$$I_{\text{уст.теп.расц}} \geq \kappa \cdot I_p$$

$$I_{\text{ел.маг.расц}} \geq 1.25 \cdot I_{\text{пик}}$$

$$I_{\text{ем.р.}} \geq \frac{I^{(1)}_{\kappa}}{\kappa}$$

де $I_{номAB}$ - номінальний струм автоматичного вимакача, А;

$I_{ел.маг.расц}$ - струм електромагнітної відсічки, А;

I_p - розрахунковий струм лінії, А;

$I_{пик}$ - піковий струм лінії, А;

$I_k^{(3)}$ - значення трифазного короткого замикання на розподільчому пристрої 0,4 кВ, А;

$I_k^{(1)}$ - значення однофазного короткого замикання біля найбільш віддаленого електроприймача цеху, А.

i_y - ударний струм короткого замикання на розподільчому пристрої 0,4 кВ, А.

$$I_{пик} = (I_p + k_{п-}) \cdot I_{ном}^{max}$$

Для низьковольтного компенсуючого пристрою:

$$I_{ел.маг.расц} \geq 1,3 \cdot I_{НКП}$$

де $I_{НКП}$ - номінальний струм низьковольтного компенсуючого пристрою.

Номінальний струм плавкої вставки вибирається за умовами:

$$U_{номПР} \geq U_{ном.мер}$$

$$I_{номПР} \geq I_{ном.ЭП}$$

$$I_{ном.пл.вст.} \geq \frac{I_{пик}}{k}$$

$$I_k'' \geq 3 \cdot I_{пл.вст}$$

де k - умови пуску,
 $k = 1,5$ для легкого пуску,
 $k = 1,6$ для важкого.

При виборі марки проводів, кабелів і розрахунку їхнього перерізу варто керуватися вимогами [1] до способу каналізації електроенергії і навколишнього середовища в цеху. Переріз провідників вибирається з умови припустимого нагрівання тривалим максимальним струмом навантаження з таблиць [1] з урахуванням поправочних коефіцієнтів на умови прокладки.

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{расч}}}{k_{\text{сер}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{попр}}}$$

де $k_{\text{попр}} = 1,92$ - поправочний коефіцієнт.

$k_{\text{сер}}$ - коефіцієнт, що враховує вплив навколишнього середовища, $k_{\text{сер}} = 1$;

$k_{\text{пр}}$ - коефіцієнт, що враховує умови прокладки КЛ (в курсовому проекті приймаємо рівним 0,8)

Провідники, обрані за припустимим нагріванням, у мережах промислових підприємств напругою до 1 кВ не перевіряються за економічною густиною струму при використанні підприємством максимуму навантаження до 4000...5000 годин, а також відгалуження до окремих електроприймачів напругою до 1 кВ [1].

Обраний за припустимим нагріванням переріз провідників не перевіряється згідно [1] за режимом короткого замикання, якщо проведене узгодження тривало-припустимого струму обраного перерізу з захисним апаратом.

Умова узгодження:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_{\text{ном.з.}}$$

де K_z - кратність припустимого струму проводу чи кабеля стосовно номінального струму розчеплювача або струму спрацьовування захисного апарата;

Іном з - номінальний струм розчеплювача або струм спрацьовування захисного апарата.

Значення K_z визначаються в залежності від призначення і прийнятого виду захисту, характеру мережі, ізоляції проводів, кабелів і умов прокладки [1]

5.3 Розрахунок навантаження системи освітлення

Основним завданням світлотехнічного розрахунку при проектуванні освітлювальних установок є визначення величини необхідного світлового потоку світильників для забезпечення нормованого значення мінімальної освітленості робочої площини. За величиною цього потоку у довідкових таблицях знаходять найбільш близькі значення потужності стандартних ламп потрібного типу.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку є основним при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь з урахуванням відбитих від стелі і стін світлових потоків.

Етапи розрахунку за даним методом наступні.

1. Визначається рівень нормованої освітленості $E_{\text{норм}}$ визначається у відповідності до вимог [6].

2. Визначають значення висоти розміщення джерел світла над робочою поверхнею.

3. В залежності від умов виробничого середовища і класу освітлюваного приміщення по вибухопожежонебезпеці вибирається тип джерела світла і відповідні світильники.

4. Визначається значення індексу приміщення, який характеризує співвідношення розмірів освітлюваного приміщення і висоти розміщення світильників.

5. Визначаються коефіцієнти відбиття світлового потоку від стелі, підлоги і стін приміщення.

6. З довідкової таблиці визначається значення коефіцієнта використання світлового потоку, створюваного світильниками вибраного типу. [6]

7. Визначається коефіцієнт запасу і коефіцієнт мінімальної освітленості.

8. Визначається необхідна кількість світильників.

9. Розраховується значення необхідного світлового потоку джерел світла у світильнику.

10. Визначається (за довідковою таблицею для ламп вибраного типу) найближча стандартна лампа за величиною створюваного світлового потоку. [6]

11. Розраховується величина відхилення фактичного значення світлового потоку від розрахункового. Якщо ближні стандартні лампи мають світловий потік, що відрізняється більш, ніж на -10 % або +20 % [1], то вибирають лампу з відповідно більшим або меншим значенням світлового потоку, підставляють це значення в розрахунковий вираз (1) і уточнюють необхідну кількість світильників. При цьому початковий варіант кількості і висоти розміщення світильників у виробничому приміщенні може бути відповідно змінений.

Розрахункове навантаження освітлювальної мережі як вузла з великою кількістю приймачів електроенергії визначаємо методом коефіцієнта попиту [3-5]. Вихідними даними для даного методу розрахунку є номінальне навантаження за активною потужністю характерної групи приймачів електроенергії в цілому Руст, кВт (згідно завдання); груповий коефіцієнт попиту за активною потужністю характерної технологічної групи приймачів електроенергії Кса і середньозважений cosφ (вибирається з довідників [4,5]).

Розрахункове навантаження за активною та реактивною потужністю визначається:

$$P_{расч}^{осв} = P_{вст}^{осв} \cdot K_{са} \cdot K_{пр}$$

$$Q_{расч}^{осв} = P_{расч}^{осв} \cdot tg\varphi$$

де $P_{вст}^{осв}$ – встановлена потужність освітлювальної мережі, визначена згідно п.5.3.2, кВт;

$tg\varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності.

Величина $\text{tg}\varphi$ обчислюється за $\cos\varphi$, що нормується і залежить від конструктивних особливостей світильника. Для люмінесцентних ламп без фазокompенсації $\cos\varphi \approx 0.5$, а для ДРЛ $\cos\varphi \approx 0.6$.

Відповідно $\text{tg}\varphi_{\text{ДРЛ}} =$ - для люмінесцентних ламп
 $\text{tg}\varphi_{\text{ДРЛ}} = 0.33$ - для ламп ДРЛ.

Визначимо розрахункові навантаження по активній та реактивній потужності:

5.4 Розрахунок електричного навантаження об'єкта

Сумарне розрахункове навантаження технологічного обладнання цеху знайдеться за формулою:

$$P_{\text{р цех}} = K_{\text{рм}} \cdot \sum P_{\text{рi}},$$

$$Q_{\text{р цех}} = K_{\text{рм}} \cdot \sum Q_{\text{рi}},$$

де $P_{\text{рi}}$, $Q_{\text{рi}}$ – відповідно розрахункове активне та реактивне навантаження ділянок цеха, кВт;

$K_{\text{рм}}$ – коефіцієнт різночасності максимумів, для цеху можна прийняти 0,8.

Розрахункове активне та реактивне навантаження ділянок цеха $P_{\text{рi}}$, $Q_{\text{рi}}$ визначається методом упорядкованих діаграм згідно п.5.2.1 та вихідних даних.

Сумарне розрахункове навантаження цеху складається з розрахункового навантаження технологічного обладнання та освітлювальної мережі цеху та визначається за формулою:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{р цех}} + P_{\text{р осв}},$$

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{р цех}} + Q_{\text{р осв}},$$

де $P_{p\text{осв}}$, $Q_{p\text{осв}}$, - розрахункове активне та реактивне навантаження освітлювальної мережі, визначені методом коефіцієнта попиту згідно п.3.2..

5.5 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової трансформаторної підстанції об'єкта

У загальному випадку вибір потужності трансформаторів проводиться на підставі наступних основних вихідних даних: розрахункового навантаження об'єкта електропостачання, тривалості максимуму навантаження, темпів зростання навантажень, вартості електроенергії, навантажувальної здатності трансформаторів та їх економічної завантаження.

За умови виконання вимог до надійності електропостачання пропонується розглянути два варіанти при виборі кількості трансформаторів цехової трансформаторної підстанції: одно- і двотрансформаторних підстанція з метою зменшення втрат холостого ходу.

Для можливого зниження втрат в трансформаторі і живильної кабельної лінії пропонується також розглянути два варіанти вибору потужності трансформаторів трансформаторної підстанції по повній і по активній розрахунковій потужності об'єкта проектування.

Розрахунок номінальної потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій може виконуватися по різному в залежності від вихідних даних. Згідно [1, 6] номінальну потужність трансформаторів рекомендується визначати:

$$S_t^{\text{ном}} \geq \frac{S_{\text{см}}}{NK_3^{\text{опт}}},$$

де $S_{\text{см}}$ - середньозмінне навантаження об'єкту;

N - кількість трансформаторів ТП;

$K_3^{\text{опт}}$ - оптимальний коефіцієнт завантаження трансформаторів.

При розрахунку потужності компенсуючих пристроїв напругою до 1 кВ з урахуванням пропускної здатності трансформаторів, а також у випадку повної компенсації реактивної потужності на напрузі до 1 кВ

номінальну потужність трансформаторів цехових ТП згідно [10] визначають по максимальному активному навантаженню:

$$S_m^{ном} \geq \frac{P_{розр}}{NK_3}$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора залежить від виду трансформаторної підстанції і характеру навантаження [7] :

$K_3^{ном} = 0,65 \dots 0,7$ - двотрансформаторні ТП з переважним навантаженням I категорії;

$K_3^{ном} = 0,7 \dots 0,8$ - однострансформаторні ТП з переважним навантаженням II категорії за наявності взаємної резервування по перемичках з іншими підстанціями на вторинній напрузі;

$K_3^{ном} = 0,9 \dots 0,95$ - однострансформаторні підстанції з навантаженням III категорії або з переважним навантаженням II категорії при можливості використання складського резерву трансформаторів.

Прийняті до розгляду потужності силових трансформаторів повинні бути перевірені за коефіцієнтом завантаження в нормальному тривалому режимі роботи з урахуванням коефіцієнтів завантаження змін і припустимого перевантаження в післяаварійному режимі (або більш важкому).

Розміщення цехових підстанцій на плані цеху залежить від розташування технологічного обладнання, конфігурації виробничих приміщень, умов навколишнього середовища, пожежної й електричної безпеки, а також виробничих, архітектурно-будівельних і експлуатаційних вимог.

Найбільш оптимальний варіант розміщення цехових трансформаторних підстанцій - це максимальне наближення до центра груп споживачів, які живляться ними, що дозволяє значно скоротити довжину низьковольтних мереж, знизити втрати електроенергії і відхилення напруги.

Внутрішньоцехові підстанції рекомендується розташовувати в кроці колон і біля постійно закритих внутрішньоцехових приміщень з таким розрахунком, щоб по можливості не займати площ, що

обслуговуються кранами. У гарячих, запилених цехах, а також у цехах з хімічно активним середовищем підстанції варто встановлювати в спеціально відведених приміщеннях відповідно до вимог [1, 8, 9].

У випадку неможливості відкритої установки трансформаторних підстанцій останні виконуються із закритою установкою трансформаторів, прибудованими до глухої стіни цеху або вбудованими у цех.

При наявності в цеху електроприймачів напругою вище 1 кВ може виявитися доцільним розміщення в цеху розподільчого пункту чи розподільного пристрою без перетворення електроенергії. У цьому випадку рекомендується розташування розподільчого пункту (розподільного пристрою) разом з найближчою трансформаторною підстанцією, якщо це не викликає значного зсуву останньої з центру електричних навантажень.

При проектуванні, як правило, варто застосовувати комплектні підстанції і комплектні розподільні пристрої напругою до 1 кВ і вище, виготовлені як на заводах електротехнічної промисловості, так і на виробничих підприємствах електромонтажних організацій.

5.6 Вибір варіантів живлячої мережі напругою вище 1 кВ

На формування схеми живлячої мережі цеху напругою вище 1 кВ істотно впливає кількість і потужність трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій, наявність (чи відсутність) у цеху високовольтних електроприймачів, спосіб компенсації реактивної потужності і місця установки компенсуючих пристроїв, категорія електроприймачів, віддаленість цеху від джерела живлення та інші фактори.

5.7 Розрахунок втрат електричної енергії в елементах системи цехового електропостачання та складання балансу втрат електроенергії

Структура електроспоживання дає змогу визначити ділянки в схемі електропостачання з найбільшими втратами електроенергії та визначити відповідні заходи з енергозбереження.

Сумарні втрати електроенергії в мережі електропостачання визначаються [11]:

$$\Delta W_{\Sigma} = \Delta W_{\text{КТП}} + \Delta W_{\text{КЛ } 10\text{кВ}} + \Delta W_{\text{цех}},$$

де $\Delta W_{\text{КТП}}$ – втрати електроенергії в трансформаторах КТП, МВт·год/рік;

$\Delta W_{\text{КЛ } 10\text{кВ}}$ – втрати електроенергії в кабельній лінії 10кВ, що живить КТП, МВт·год/рік;

$\Delta W_{\text{цех}}$ – втрати електроенергії в цеховій мережі споживача, МВт·год/рік.

Втрати електроенергії в кабельній лінії 10кВ, що живить КТП, МВт·год/рік:

$$\Delta W_{\text{КЛ } 10\text{кВ}} = n_{\text{кл}} \cdot I_{\text{кл}}^2 \cdot r_0 \cdot l_{\text{кл}} \cdot \tau_{\text{м}} \cdot 10^{-6},$$

де $n_{\text{кл}}$ – кількість кабельних ліній;

r_0 – питомий опір кабельної лінії, Ом/км;

$l_{\text{кл}}$ – довжина кабельної лінії, км;

$I_{\text{кл}}$ – розрахунковий струм кабельної лінії.

$$I_{\text{кл}} = \frac{S_{\text{ркл}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}}$$

Втрати електроенергії в цеховій мережі споживача, МВт·год/рік

$$\Delta W_{\text{цех}} = I_{\text{р}}^2 \cdot R_{\text{е}} \cdot \tau_{\text{м}} \cdot 10^{-6},$$

де $I_{\text{р}}$ – розрахунковий струм вузла цехової мережі;

$R_{\text{е}}$ – еквівалентний опір цехової мережі, Ом.

$$R_{\text{е}} = R_{\text{жл}} \cdot \left(1 + \frac{\sum R_i \cdot K_{\Sigma i}^2}{\sum K_{\Sigma i}^2 \cdot R_{\text{жл}}} \right)$$

де $R_{\text{жл}}$ – активний опір живлячої лінії;

R_i – активний опір i -ї ділянки цехової мережі;

$K_{zi} = P_i / P_1$ – коефіцієнт завантаження i -ої ділянки відносно найбільш завантаженої ділянки, потужність якої прийнята за P_1 .

Втрати електроенергії в трансформаторах КТП, МВт·год/рік:

$$\Delta W_{\text{КТП}} = n_T \cdot (\Delta P_x \cdot 8760 + K_{zg}^2 \cdot \Delta P_k \cdot \tau_M) \cdot 10^{-3},$$

де $\Delta P_x, \Delta P_k$ – каталожні дані трансформатора, кВт;

n_T – кількість трансформаторів КТП;

K_{zg} – коефіцієнт завантаження трансформаторів КТП, в.о.:

$$K_{zg} = \frac{S_p}{n_T \cdot S_{\text{ном } T}}$$

τ_M – число годин максимальних втрат, год/рік.

5.8 Регулювання присидною потужністю трансформатора

При нерівномірному завантаженні технологічного обладнання протягом доби (наприклад, знижена навантаження в нічні або ремонтні зміни) рекомендується розглянути можливість відключення незавантажених трансформаторів, тобто провести регулювання приз'єднаної потужністю трансформатора.

Можливість відключення одного трансформатора в одну зі змін оцінюємо за коефіцієнтом завантаженням трансформатору:

$$K_{zg} = \frac{S_p}{S_{\text{ном } T} \cdot n_T} \leq 0,93$$

Оцінку втрат електроенергії проводимо за наступним виразом:

$$\begin{aligned} \Delta W_T = & \Delta P_x \cdot n_{\text{роб.дн.}} \cdot [n_{T1\text{см}} \cdot T_{1\text{см}} + n_{T2\text{см}} \cdot T_{2\text{см}} + n_{T3\text{см}} \cdot T_{3\text{см}}] \cdot 10^{-3} + \\ & + \Delta P_k \cdot \frac{S_p^2}{S_{\text{ном } T}^2} \cdot \frac{\tau_M}{3} \cdot 10^{-3} \cdot \left[\frac{1}{n_{T1\text{см}}} \cdot K_{1\text{см}}^2 + \frac{1}{n_{T2\text{см}}} \cdot K_{2\text{см}}^2 + \frac{1}{n_{T3\text{см}}} \cdot K_{3\text{см}}^2 \right], \end{aligned}$$

де $n_{\text{роб.дн.}}$ - кількість робочих днів;

$n_{\text{т } 1\text{см}}, n_{\text{т } 2\text{см}}, n_{\text{т } 3\text{см}}$ - кількість трансформаторів, що знаходяться під навантаженням під час відповідно 1, 2, 3 змін;

$T_{1\text{см}}, T_{2\text{см}}, T_{3\text{см}}$ - тривалість відповідно 1,2,3 зміни, год;

$K_{1\text{ см}}, K_{2\text{ см}}, K_{3\text{ см}}$ - коефіцієнт завантаження відповідно 1,2,3 змін.

Це традиційний захід досить ефективно і не вимагає додаткових-них інвестицій.

При відключенні одного з силових трансформаторів на підстанції 10 / 0,4 кВ при не достатній завантаженні, знижуються втрати холостого ходу трансформаторів трансформаторної підстанції.

5.9 Модернізація системи освітлення цеху

Підвищення енергоефективності освітлювальних установок (ОУ) нерозривно пов'язано із завданням комплексного зниження витрат в ОУ, так як для будь-якого споживача важливо не тільки зниження енергоємності, але й термін окупності витрат на нову або переобладнаних ОУ. В кінцевому підсумку ефективність ОУ визначається вартістю світлової енергії, що генерується за термін служби ОУ і в значній мірі залежить від витрат на електроенергію (ЕЕ).

Економія електроенергії на освітлення не повинна досягатися за рахунок зниження норм освітленості, відключення частини світлових приладів або відмови від використання штучного освітлення при недостатньому рівні природного світла, оскільки втрати від погіршення умов освітлення значно перевершують вартість зекономленої електроенергії.

Ефективність ОУ залежить насамперед від:

- світловий віддачі ІС та їх терміну служби;
- світлотехнічних і енергетичних параметрів ОП;
- стабільності протягом експлуатації параметрів світильників і, зокрема, характеристик ІВ при роботі їх в світильнику;
- тарифів на ЕЕ;
- числа годин використання ОУ на рік.

Поряд з цим, важливе значення має вартість ламп і світильників, а також вартість монтажу та обслуговування.

Звідси очевидна необхідність при вирішенні проблеми енергозбереження розглянути технічні характеристики, ефективність застосування, масштаби використання різних груп:

- джерел світла;
- освітлювальних приладів;
- пускорегулювальної апаратури;
- систем, що скорочують час використання штучного освітлення;
- способів збереження характеристик ОУ в процесі тривалої роботи.

Разом з тим, важливе значення мають енергозберігаючі способи освітлення і сучасні методи та режими експлуатації ОУ.

5.10 Визначення теплової потужності будівлі. Оцінка можливості термомодернізації будинку

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma \text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{\text{q min}}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження. Теплотехнічний розрахунок внутрішніх огорожувальних конструкцій будівлі проводиться при умові, що різниця температур між приміщеннями не більше 30°C .

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3°C та більше, обов'язкове виконання умови [14]:

$$R_{\Sigma \text{пр}} \geq R_{\text{q min}},$$

де $R_{\Sigma \text{пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$R_{\text{q min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Мінімально допустиме значення, $R_{q \min}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових будинків встановлюється згідно з табл.7 залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища і теплової інерції огорожувальних конструкцій D , що розраховується за формулою:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i \cdot s_i,$$

де R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К);

s_i – коефіцієнт теплозасвоєння матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м²·К);

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Мінімально допустиме значення, $R_{q \min}$, опору теплопередачі внутрішніх огорожувальних конструкцій, що розмежовують приміщення з розрахунковими температурами повітря, які відрізняються більше ніж на 30С (стіни, перекриття), і приміщень з поквартирним регулюванням теплоспоживання визначають за формулою:

$$R_{q \min} = \frac{t_{e1} - t_{e2}}{\Delta t \cdot \alpha},$$

де t_{v1} , t_{v2} – температури повітря в приміщеннях, $^{\circ}\text{C}$, що приймаються згідно з проведеними вимірами;

$\Delta t_{сг}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $^{\circ}\text{C}$;

$\alpha_{в1}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкцій, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$, непрозорої огорожуючої конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_{в1}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{в2}} = \frac{1}{\alpha_{в1}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{в2}}$$

де $\alpha_{в1}$, $\alpha_{в2}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$;

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.3), $\text{м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$;

Термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті $R_{пг}$, $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ визначається за формулами [14]:

$$\begin{aligned} \text{I зона} - R_{пг}^I &= R_0^I + \sum R_n; \\ \text{II зона} - R_{пг}^{II} &= R_0^{II} + \sum R_n; \\ \text{III зона} - R_{пг}^{III} &= R_0^{III} + \sum R_n; \\ \text{IV зона} - R_{пг}^{IV} &= R_0^{IV} + \sum R_n; \end{aligned}$$

де R_0^I , R_0^{II} , R_0^{III} , R_0^{IV} – значення термічного опору теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$, відповідно чисельно рівні 2,2; 4,3; 8,6; 14,2;

$\Sigma R_{п}$ - сума значень термічного опору теплопередачі шарів підлоги на ґрунті, (м²·°C)/Вт.

Величина $\Sigma R_{п}$ розраховується по рівнянню:

$$\Sigma R_n = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де n – кількість шарів підлоги на ґрунті;

δ_i – товщина i-го прошарку, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу i-го прошарку, (м²·°C)/Вт.

За результатами розрахунків складається порівняльна таблиця значень термічних опорів розрахункових та нормованих згідно [14].

Визначення теплової потужності всієї будівлі проводимо наступним чином.

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень

$$\Sigma Q_{отр} = \Sigma Q_0 + \Sigma Q_d + \Sigma Q_{инф},$$

де ΣQ_0 – сумарні втрати теплоти через огорожувальних конструкцій будівлі, Вт;

ΣQ_d – сумарні додаткові втрати теплоти огорожувальних конструкцій, Вт;

$\Sigma Q_{инф}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги)

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_0} \cdot (t_{в} - t_{з}) \cdot n$$

де $F_{огр}$ – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції, м²;

R_0 – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків і зіставлення $R_{\Sigma пр}$ и R_{qmin}), м²·°C/Вт;

$t_{в}$, $t_{з}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C;

- при визначенні тепловтрат через внутрішні стіни у формулу підставляються температури приміщень, які розгороджені даними стінами;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря.

Основні тепловтрати крізь підлоги $Q_{пдл}$ розраховуються як:

$$Q_{пдл} = \left(\frac{F_I}{R_{нз}^I} + \frac{F_{II}}{R_{нз}^{II}} + \frac{F_{III}}{R_{нз}^{III}} + \frac{F_{IV}}{R_{нз}^{IV}} \right) (t_{в} - t_{зп})$$

де: $R_{нз}^I$, $R_{нз}^{II}$, $R_{нз}^{III}$, $R_{нз}^{IV}$ – термічний опір теплопередачі окремих зон підлог на ґрунті, (м²·°C)/Вт;

F_I , F_{II} , F_{III} , F_{IV} – площі підлоги, відповідно першої, другої, третьої, четвертої зони, м²;

$t_{в}$, $t_{зп}$ – відповідно внутрішня температура приміщень над підлогами і температура ґрунту (для практичних розрахунків приймається температура ґрунту $t_{зп}=+40^{\circ}\text{C}$);

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{ст} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.о} + \Sigma Q_{пдл},$$

де $\Sigma Q_{ст}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

$\Sigma Q_{\text{вкн}}$ – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

$\Sigma Q_{\text{зд}}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), обчислені для приміщень у яких є вихід на зовнішню сторону будинку, Вт;

$\Sigma Q_{\text{пл}}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги, обчислені по кожному приміщенню з такими підлогами, Вт.

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожувальні конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень. Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції визначається як сума наступних величин втрат теплової енергії:

- додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків;
- додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію стосовно сторін світу;
- додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей (воріт);
- додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами;
- додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи;
- тепловтрати через нещільності світлових прорізів;
- додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи (ворота);
- додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря.

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат $\Sigma Q_{\text{втр}}$

Розрахунок різних видів теплонадходжень проводимо наступним чином. Сумарні тепло надходження складаються з:

- теплонадходження від людей;
- теплонадходження від працюючого електроустаткування;
- теплонадходження від джерел освітлення;
- теплонадходження від сонячної радіації;

- теплонадходження від матеріалів, що вистигають (розраховуються тільки для цехів);

Далі визначається теплова потужність будівлі як різниця між сумарними тепловими втратами та сумарними теплонадходженнями.

В якості заходу зі зменшення втрат теплової енергії через огорожувальні конструкції будівлі пропонується збільшення величини опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Теплоізоляція має багато переваг, серед яких істотне зменшення витрат на опалення, зниження потужності приладів для обігріву. Це призводить до суттєвого заощадження коштів - більш ніж удвічі! Саме тому виникає потреба утеплення будівель і створення сучасних теплоізованих стін.

Зроблене один раз комплексне утеплення будинку дасть змогу у кілька разів скоротити витрати на енергоносії.

Теплоізолюючи будинок зсередини, необхідно приділяти увагу правильному підбору матеріалів і застосованих при цьому конструкцій. Серед основних властивостей теплоізоляційних матеріалів є, власне, теплопровідність, водопоглинання, паропроникність, повітропроникність, вогнестійкість і біостійкість. Це дуже важливі речі, які необхідно знати перед тим, як розпочати роботи.

Є велика кількість матеріалів, але не всі вони здатні витримати температурні обставини та надійно захистити будівлю від втрати тепла. Підбір утеплювача, а також сфера його застосування залежить від багатьох показників: це і матеріал, з якого побудовано помешкання, і кількість поверхів, і навіть кліматична зона, в якій розташовано будинок. Сьогодні широко використовують і органічні утеплювачі (дерево, корок, каучук), і безліч неорганічних (пінобетони, мінеральну вату, пінопласти, синтетичну деревину, рідку кераміку тощо). Усі вони мають низьку теплопровідність і добре захищають від холоду. Цей перелік постійно поповнюється більш досконалішими та «зручними» новинками. Кожен утеплювач має свої особливості, і тут все залежить від місця його застосування.

Найбільш поширений метод утеплення стін в Україні – зовнішній, оскільки цей метод дає можливість покращити теплотехнічні характеристики оболонки будинку, продовжити термін її експлуатації, запобігти усадочним і механічним деформаціям

зовнішніх стін за рахунок малих коливань температур в конструктивному шарі, підвищити гідрофобні властивості стін, покращити зовнішній вигляд фасаду, знизити повітря- і звукопроникність, забезпечити високий рівень енергозбереження і як наслідок одо 60% знизити витрати на опалення будівлі. При застосуванні цього методу також необхідно провести теплову ізоляцію навколо вікон, щоби запобігти утворенню конденсату.

Збільшення величини опору теплопередачі огорожувальних конструкції з метою приведення її до нормованих показників проводиться шляхом нанесення теплоізоляційного шару з відповідних (обраних) теплоізолюючих матеріалів.

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару [14]

$$\delta_{\text{ізо}} = \left[\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i,p}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right] \cdot \lambda_{\text{ізо}}$$

де $\lambda_{\text{ізо}}$ - теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, обирається з табл.8, Вт/(м · К).

Після визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару дут для утеплення огорожувальних конструкцій в подальших розрахунках визначення теплової потужності будівлі береться величина $R_{q\text{min}}$.

5.11 Енергозберігаючі заходи в технологічних установках об'єкта

Будь який технологічний процес виробництва продукції вимагає енергетичних витрат. Пропорція використання енергії на різних технологічних етапах залежить від продукції, що випускається. Втрати енергії можуть бути різноманітними. Причому енергія може бути різноманітною - електрична, тепла. Для будь-якого виробництва справедливо визначення того, що якщо продається продукція не дозволяє відновити витрачені при виробництві продукції, то дане виробництва нерентабельно. Що в свою чергу призводить до зменшення оборотного капіталу підприємства і його розорення. Рациональне використання енергетичних ресурсів на підприємстві є важливою складовою зниження виробничих витрат, і отримання

прибутку, завоювання більшої частки ринку. Найбільший відсоток витрат у структурі витрат енергії припадає на витрати в енергетичних установках.

Тому пропонується в курсовому проекті реферативно розглянути питання про можливість енергозбереження в технологічних установках об'єкту проектування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила устройства электроустановок, -М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Указівки по визначенню електричних навантажень у промислових установках / Інструктивні вказівки по проектуванню електротехнічних промислових установок. - 1968. - №6 - С.3-17.
3. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
4. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. В.И.Круповича и др. - М.: Энергия, 1980.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / Под ред. А.А.Федорова. Т.1. Электроснабжение. Т.2. Электрооборудование.-М.: Энергоатомиздат, 1986, 1987.
6. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий (СН 357-77). - М.: Стройиздат, 1977.
7. Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятий СН 174-75. - М.: Стройиздат, 1975.
8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
9. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
10. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий / Под ред. А.С.Овчаренко и др. -К.: Техника, 1985.
11. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Научное пособие для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
12. Державних будівельних норм України «ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення»
13. Айзенберг Ю. Б., Рожкова Н. В. Энергосбережение в светотехнических установках. Под общей редакцией доктора техн. наук, проф Ю. Б. Айзенберга. М. : 1999.
14. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель.
15. Указания по технико-экономическому расчету электроснабжения промышленных предприятий. Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. - 1969. - № 8.