

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з дисципліни
за фахом

для студентів,
які навчаються за програмою магістрів
спеціальності **141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»**
освітньо-професійної програми
«Електротехнічні системи електроспоживання»
всіх форм навчання

2019

Методичні вказівки до виконання курсового проекту за фахом для студентів, які навчаються за програмою магістрів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання» всіх форм навчання /Укл.: В.В. Попов, В.В. Дьяченко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 23 с.

Укладачі: В.В. Попов, доцент, канд. техн. наук,
В.В. Дьяченко, доцент, канд. техн. наук

Рецензент: І.В. Авдєєв, доцент, канд. техн. наук

Відповідальний
за випуск: О. А. Шрам, доцент, канд. техн. наук

Затверджено
на засіданні кафедри
електропостачання промислових
підприємств
протокол № 1 від 05.09.2019 р.

Рекомендовано до видання
на засіданні НМК
електротехнічного факультету
протокол № 2 від 19.10.2019 р.

ЗМІСТ

	стор.
1 Загальна частина	4
2 Обсяг та зміст курсового проекту	5
3 Завдання до курсового проекту	6
4 Організаційні вказівки	7
5 Методичні вказівки до основних розділів проекту	10
5.1 Коротка характеристика об'єкту проектування	10
5.2 Розрахунок електричних навантажень	10
5.3 Вибір напруг та режиму нейтралі електричної мережі	12
5.4 Вибір кількості, потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій	13
5.5 Визначення центру електричних навантажень.. та вибір місця розташування підстанції	15
5.6 Вибір типу підстанції та трансформаторів підстанції підприємства	16
5.7 Рекомендації щодо вибору схем електропостачання підприємства	17
5.8 Компенсація реактивної потужності	19
5.9 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір електричних апаратів та кабелів	20
5.10 Рекомендації щодо виконання останніх блоків алгоритму проектування	21
Рекомендована література	22

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

Відповідно до затвердженої програми магістрів та вимогам кваліфікаційної характеристики фахівця спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання» передбачається курсовий проект студентами денної та заочної форми навчання за фахом.

Курсовий проект є практична підготовка студентів з дисципліни «Електропостачання промислових підприємств» щодо внутрішньозаводського електропостачання, а також підготовка об'єкту дослідження для подальшого виконання магістерської роботи. Основною його метою є закріплення, розширення і систематизація знань студентів, отриманих на лекціях, лабораторних і практичних заняттях, виробничих практиках, а також при вивченні таких суміжних дисциплін, як «Електропостачання промислових підприємств», «Моделі та методи оптимізації в електропостачанні», «Електричні системи і мережі», «Електричні станції і підстанції», «Перехідні процеси в системах електропостачання», «Енергоменеджмент і енергоаудит» та ін.

Робота над курсовим проектом дозволить студентам придбати знання в області побудови, функціонування систем внутрішньозаводського електропостачання, практично освоїти методи розрахунку, проектування та оптимізації задач систем електропостачання, розв'язувати науково-технічні, економічні та інші задачі, придбати навички виконання самостійної творчої роботи, користуватися науковою довідковою літературою, стандартами, що діють та каталогами.

2 ОБСЯГ ТА ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект, складається з пояснювальної записки (ПЗ) та графічної частини.

Обсяг ПЗ курсового проекту 35-50 сторінок рукописного або печатного тексту формату А4 (210х297 мм) і графічної частини - 2 листа креслень формату А1.

У пояснювальній записці мають бути послідовно розглянуті усі питання з обґрунтуванням прийнятих рішень і посиланнями на літературу, вказані методи розрахунків і розрахункові формули в загальному вигляді з їх розшифруванням, необхідними числовими підставками та отриманими результатами розрахунків. В одному прикладі це робиться докладно, а результати інших розрахунків мають бути наведені в таблиці, які мають нумерацію та назву. У необхідних випадках прийняті технічні рішення мають бути підтверджені техніко-економічними розрахунками.

ПЗ та креслення мають бути логічно пов'язані та відображати комплекс технічних рішень і розрахунків, які відповідають задачам передбаченим у завданні до курсового проекту.

Пояснювальна записка та графічна частина курсового проекту оформлюється з дотриманням усіх вимог і норм єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД) та державного стандарту України ДСТУ 3008:2015 «Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення».

Текст ПЗ можна писати від руки або з використанням комп'ютера на одному боці аркуша формату А4 з полями розміром, мм: верхнє, ліве та нижнє – не менш 20, праве – не менш 10.

Послідовність розділів ПЗ:

- титульний лист;
- завдання на проектування;
- реферат;
- зміст;
- перелік скорочень, символів, спеціальних термінів;
- основна частина;
- перелік літератури;
- додатки.

3 ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Завдання до курсового проекту видає керівник проекту згідно збірника завдань до курсового проекту з дисципліни «Спелитання електропостачання».

Відповідно завдання студенти повинні розробити систему електропостачання промислового підприємства (вихідні дані надані у додатках А та Б збірника), яка відповідає основним вимогам до її експлуатації. Бажано мати елементи новизни і прогресивності, які забезпечують творчий характер роботи над курсовим проектом.

Враховуючи сучасні запити виробництва, які пов'язані з його реконструкцією, підвищенням надійності систем електропостачання, дослідженням режимів електроспоживання, розробкою елементів САПР і рішенням ряду інших задач, можливі курсові проекти з дослідницьким характером, котрі можуть бути самостійними і закінченими роботами та мати подальший розвиток у дипломному проектуванні.

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

В окремих випадках керівник курсового проекту може частково змінювати вихідні дані, а також дати завдання студенту додатково розробити окреме питання.

4 ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ

Методичне та організаційне керівництво курсовим проектуванням забезпечується керівником проекту.

Керівник проекту постійно контролює виконання календарного графіка поетапного виконання курсового проекту студентом. Кожен тиждень студент звітує про виконання роботи під час консультацій у керівника. Керівник один раз на два тижні робить позначку про виконану роботу студентом в календарному графіку.

Студент самостійно працює над курсовим проектом, а саме: 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 задач, шляхи їх рішень, спонукаючи студента на самостійну, творчу роботу. Керівник звертає увагу студента на технічно і стилістично грамотний виклад ПЗ.

Послідовність розрахунків ПЗ рекомендується виконувати у відповідності до алгоритму процесу проектування.

Після закінчення роботи над курсовим проектом студент складає ПЗ і креслення на перевірку керівнику проекту. Після внесення виправлень студент остаточно оформлює ПЗ та креслення.

Повністю оформлений курсовий проект, підписаний студентом і керівником, допускається до захисту. Захист проводиться у присутності комісії у складі двох - трьох викладачів з кафедри, серед яких і керівник курсового проекту, захист проводиться за графіком, затвердженим завідуючим кафедри.

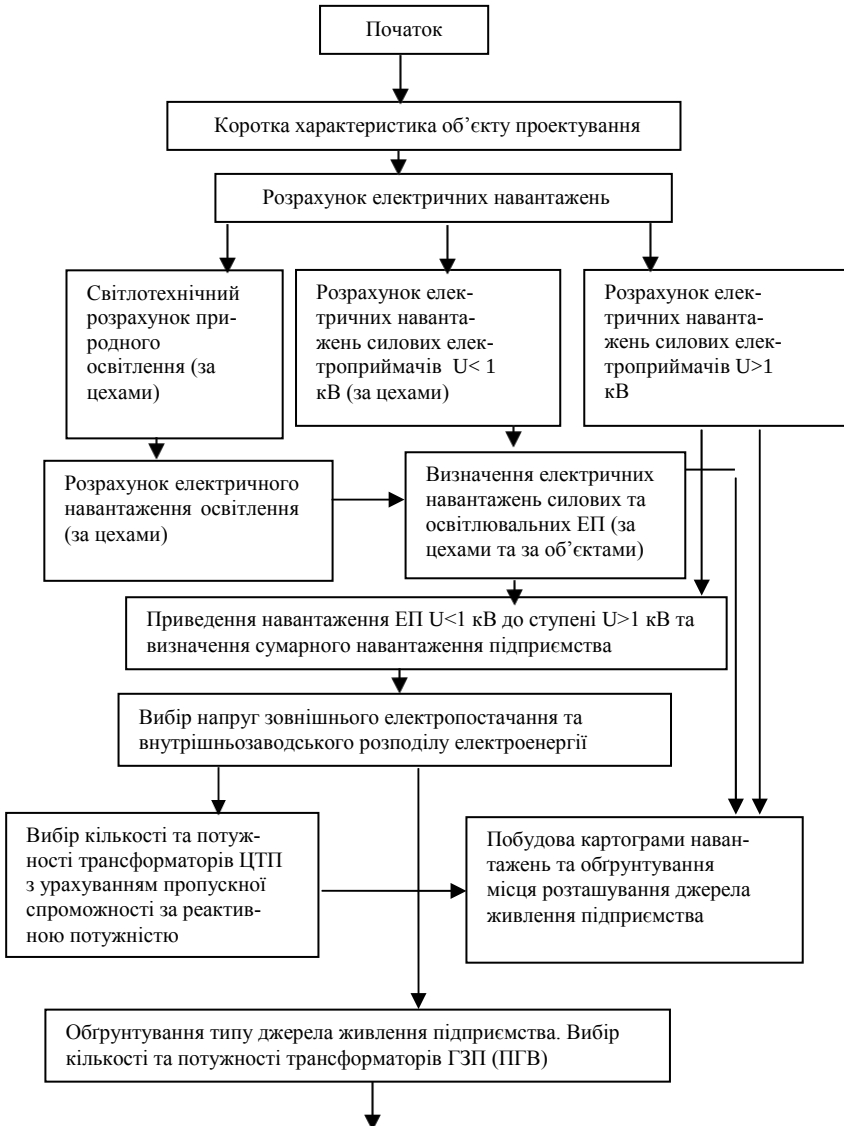
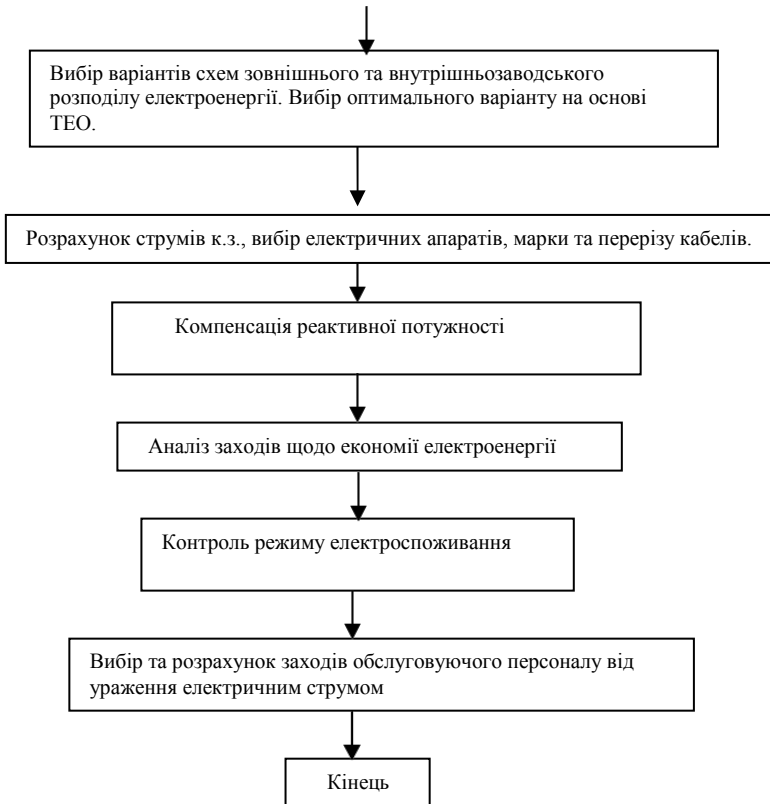


Рисунок 4.1 – Блок-схема проектування



Продовження рисунку 4.1

5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ОСНОВНИХ РОЗДІЛІВ ПРОЕКТУ

5.1 Коротка характеристика об'єкту проектування

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

У даному розділі курсового проекту студент повинний:

- коротко охарактеризувати виробничий процес з використанням основних та допоміжних цехів;
- надати характеристику навколишньому середовищу цехів згідно вимог [1];
- обґрунтувати категорії електроприймачів та вимоги до схем електропостачання з точки зору безперебійності живлення, а також інші вимоги, які висуваються до електропостачання об'єкта, що проектується.

5.2 Розрахунок електричних навантажень

Достовірна оцінка очікуємих електричних навантажень є основою раціональної побудови та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств.

Вибір методу розрахунку електричних навантажень визначається вихідною інформацією про електроприймачі об'єкту проектування за технологією.

У зв'язку з відсутністю чіткої інформації щодо електроприймачів, в курсовому проекті розрахункові навантаження силових електроприймачів напругою до 1000 В основних та допоміжних цехів визначати методом коефіцієнту попиту (K_p). Значення K_p приймають за довідковою літературою, виходячи з призначення цеху за технологією.

Розрахункові навантаження електроприймачів напругою вище 1000 В визначаються за встановленою потужністю та коефіцієнтом попиту (K_n). Значення K_n може бути прийнято за довідковою літерату-

рою або в залежності від величини коефіцієнта використання K_v для даної групи електроприймачів за формулою:

$$K_n = K_v + 0,1 \quad (5.1)$$

Сумарні розрахункові навантаження цехів повинні бути визначені з урахуванням навантаження освітлювальної мережі:

$$\begin{aligned} P_{p.i\Sigma} &= P_{p.i.cил} + P_{p.i.o}, \text{ кВт} \\ Q_{p.i\Sigma} &= Q_{p.i.cил} + Q_{p.i.o}, \text{ кВАр}, \end{aligned} \quad (5.2)$$

де $P_{p.i.cил}$, $Q_{p.i.cил}$ – активне та реактивне навантаження силових ЕП напругою до 1000 В і-го цеху;

$P_{p.i.o}$, $Q_{p.i.o}$ – розрахункові активне та реактивне навантаження освітлення і-го цеху

Розрахункове навантаження освітлення цеху визначається методом коефіцієнта попиту (K_n) з урахуванням втрат активної потужності в пускорегулюючих пристроях газорозрядних ламп та номінальної потужності освітлення ($P_{ном}$)

$$P_{p.i.o} = (1 + K_p) K_n \cdot P_{ном i}, \text{ кВт} \quad (5.3)$$

$$Q_{p.i.o} = P_{p.i.o} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i, \text{ кВАр},$$

де $P_{ном i}$ – номінальна потужність освітлення цеху, розрахована методом питомої потужності Вт/м² площі цеху. Детальний опис методу розрахунку, а також значення коефіцієнту попиту (K_n) та коефіцієнту (K_p) втрат активної потужності в пускорегулюючих пристроях газорозрядних ламп, значення $\cos \varphi$ наведені у довідковій літературі.

При переході через ступінь трансформації розрахункові навантаження цехів напругою меншою 1000 В призвести до ступеня напругою більшою 1000 В шляхом урахування втрат потужності в трансформаторах.

Втрати потужності в цехових трансформаторах до їх конкретного вибору орієнтовано можна прийняти рівними:

$$\Delta P_T \approx (0.02 \dots 0.025) S_{розр}, \text{ кВт} \quad (5.4)$$

$$\Delta Q_T \approx (0.105 \dots 0.125) S_{розр}, \text{ кВАр}$$

Розрахункові навантаження вузла системи електропостачання підприємства визначаються складанням розрахункових навантажень цехів, приведених до напруги, більшої 1000 В, навантаження електроприймачів вище 1000 В з урахуванням коефіцієнта різночасності максимумів навантаження, $K_{р.ч}$. Значення $K_{р.ч}$ навантаження для шин ГЗП (ПГВ) та живлячих ліній системи зовнішнього електропостачання можна приймати 0,9...0,95.

Розрахунки електричних навантажень силових ЕП напругою до 1000 В та освітлення цехів повинні бути зведені до таблиці.

5.3 Вибір напруг та режиму нейтралі електричної мережі

Вибір напруг зовнішнього електропостачання внутрішньозаводського розподілу електроенергії входить до комплексу головних питань при проектуванні систем електропостачання промислового підприємства, які визначають розміри капіталовкладень, величину втрат електроенергії та експлуатаційні витрати. Вибір напруги зовнішнього електропостачання залежить від потужності, що споживається підприємством, віддаленості від джерела живлення (джерел живлення), напруг джерела живлення.

Для вибору напруги рекомендується перед цим визначити величину нестандартної напруги $U_{нест}$, при якій наведені річні витрати були б мінімальними. Рациональну величину нестандартної напруги можна знайти графічно, побудувавши залежності капітальних витрат та експлуатаційних витрат від напруги, $K=f(U)$ та $U_e=f(U)$, або розрахувати аналітично за формулою Стілла:

$$U_{нест} = 4,34 \cdot \sqrt{1 + 16 \cdot P} \quad (5.5)$$

де P – активна потужність, що передається, тис.кВт;
 l – відстань, км.

Остаточне рішення вибору оптимальної напруги приймається на основі техніко-економічного порівняння варіантів у тих випадках, коли є можливість отримання електроенергії від джерела живлення з двома та більше напругами. Для розподільчих внутрішньозаводських мереж слід, як правило, застосовувати напругу 10 кВ. Напругу 35 кВ в цих мережах слід застосовувати для часткового внутрішньозаводського розподілу електроенергії: при наявності потужних електроприймачів, а також для при наявності віддалених навантажень, що потребують напругу більш високого класу для живлення споживачів, й схеми глибокого вводу для живлення груп підстанцій 35/0,4 – 0,66 кВ.

5.4 Вибір кількості, потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій

Вибір кількості цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП), а також кількості й потужності трансформаторів на ЦТП визначається розрахунковим навантаженням цеху (корпусу), категорією електроприймачів, способом компенсації реактивної потужності, режимом роботи трансформаторів та іншими факторами.

Згідно з рекомендацією [1] однострансформаторні ЦТП слід застосовувати, як правило, для живлення електроприймачів 2-ї та 3-ї категорії надійності з урахуванням резервування потужності за низькою напругою від інших трансформаторних підстанцій.

Двотрансформаторні підстанції рекомендується застосовувати при зосереджених навантаженнях або перевазі електроприймачів першої категорії (> 20%), а також у випадку нерівномірного добового або річного графіка навантаження, коли економічно змінювати приєднану потужність трансформаторів.

Розрахунок номінальної потужності трансформаторів ЦТП може виконуватися по-різному, в залежності від вихідних даних.

В даному курсовому проекті потужність трансформаторів ЦТП рекомендується вибирати за розрахунковим активним навантаженням з урахуванням пропускної спроможності їх за реактивною потужністю, тобто:

$$S = (P_{\text{розр}}) / (N_m \cdot K_z) \quad (5.6)$$

де $P_{розр}$ – розрахункове активне навантаження силових та освітлювальних електроприймачів цеху, кВт;

N_m – кількість трансформаторів, шт.;

$Kз$ – оптимальний коефіцієнт навантаження трансформаторів ЦТП.

Згідно з [2] рекомендується приймати:

$Kз = 0,65 \dots 0,7$ – для двотрансформаторних підстанцій та при перевазі електроприймачів першої категорії;

$Kз = 0,7 \dots 0,8$ – для однострансформаторних підстанцій та при перевазі електроприймачів другої категорії з резервуванням за низькою напругою;

$Kз = 0,9 \dots 0,95$ – для однострансформаторних підстанцій та при перевазі електроприймачів третьої категорії.

Оптимальне рішення вибору кількості та потужності трансформаторів ЦТП слід приймати на основі техніко-економічних розрахунків з урахуванням рішень вибору потужності та місця встановлення компенсуючих пристроїв.

Прийняті до розгляду потужності силових трансформаторів повинні бути перевірені за режимом роботи в нормальному тривалому режимі та допустимому перевантаженні в післяаварійному режимі.

Вибір місця встановлення ЦТП на плані цеху залежить від розташування технологічного обладнання, руху підйомно-транспортних засобів, конфігурації промислових приміщень, умов оточуючого середовища згідно з ПУЕ та інших факторів.

Оптимальний варіант розміщення ЦТП – це максимальне наближення до центру електричних навантажень, що дозволяє значно зменшити довжину низьковольтних мереж, зменшити втрати електроенергії та відхилення напруги.

У зв'язку з відсутністю інформації про розташування технологічного обладнання в цехах рекомендується приймати центр електричного навантаження, який збігається з геометричним центром тяжіння фігури. Трансформаторні підстанції розташовувати згідно з центром електричних навантажень та виконувати прибудованими до глухої стіни цеху або вбудованими в цех, враховуючи підвід живлення від приймального пункту електроенергії підприємства.

При проектуванні застосовувати комплектні трансформаторні підстанції (КТП) заводів-виробників України.

5.5 Визначення центру електричних навантажень та вибір місця розташування підстанції

Оптимальне розташування підстанції на генплані промислового підприємства – одне з основних питань побудови раціональної системи електропостачання.

Для визначення місця положення підстанції на генплані підприємства нанести картограму навантажень та визначити координати умовного центру електричних навантажень (ЦЕН). За аналогією з теоретичною механікою під центром тяжіння фігури розуміється електричне навантаження, а під плечем – координата прикладення цього навантаження.

Чисельним параметром навантаження рекомендується приймати навантаження за допустимим нагрівом, а саме за $P_{розр}$. Координати ЦЕН без урахування впливу зовнішнього джерела живлення визначаються за формулою:

$$X_0(Y_0) = \frac{\sum_i^n P_{розр} \cdot X_0(Y_0)}{\sum_i^n P_{розр}}, \quad (5.7)$$

де n – кількість вузлів навантаження, що підключаються до джерела живлення підприємства;

$P_{розр}$ – розрахункове навантаження i -го вузла навантаження (ЦТП). Знайдені розрахунковим шляхом координати ЦЕН є найбільш оптимальними для розташування джерела живлення підприємства (ГЗП, ПГВ або ГРП).

Доцільно підстанції розташовувати поблизу з виробничими корпусами, які ними обслуговуються, а розподільчі пристрої $U=10$ кВ рекомендується вбудовувати в ці корпуси або прибудовувати до них.

У випадку неможливості розташування підстанції в розрахункових координатах ЦЕН, необхідно їх скоректувати з урахуванням конкретних умов та провести оптимізацію з урахуванням приведених витрат на каналізацію електроенергії (за згодою з керівником проекту), тис.грн/рік:

$$Z_i = E_H \cdot K_i + \Delta W_i \cdot \beta, \quad (5.8)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, відн.од.;

K_i – капіталовкладення в мережі i -го варіанту, тис.грн;

ΔW_i – втрати електроенергії в мережі i -го варіанту, МВт·год/рік;

β – собівартість 1кВт·год електроенергії, грн/кВт·год..

5.6 Вибір типу підстанції та трансформаторів підстанції підприємства

Вибір типу та інших параметрів підстанції зумовлений величиною та характером електричних навантажень, розташуванням на генплані підприємства, прийнятими напругами зовнішнього електропостачання та внутрішньозаводського розподілення електроенергії, а також повинні враховуватися архітектурно-будівні та експлуатаційні умови, наявність виробничої забрудненості атмосфери, умови пожежної та електробезпеки.

Вибір потужності трансформаторів ГЗП або ПГВ слід виконувати відповідно з нормами технологічного проектування знижувальних підстанцій з вищою напругою 35...750 кВ та умовами ПУЕ щодо надійності електропостачання споживачів електроенергії.

Потужність трансформаторів повинна забезпечувати їх роботу в економічному режимі та забезпечувати потрібну потужність в режимі роботи після вимкнення одного з трансформаторів в залежності від умов, які подані споживачами даної категорії.

Розрахункове навантаження для вибору потужності трансформаторів повинне бути визначене з урахуванням обмежень енергосистемою величини реактивної потужності, яка споживається.

Повна розрахункова потужність:

$$S_{\text{розр.}} = \sqrt{P_{\text{розр.}}^2 + Q_{e1}^2}, \quad (5.9)$$

де Q_{e1} – економічно доцільна потужність, що передається з системи в мережу підприємства, кВАр:

$$Q_{e1} = \operatorname{tg}\varphi_e \cdot P_{\text{розр.}}, \quad (5.10)$$

де $\operatorname{tg}\varphi_e$ – коефіцієнт, що характеризує споживання підприємством реактивної потужності з енергосистеми в години її максимального активного навантаження. В курсовому проекті можна приймати значення $\operatorname{tg}\varphi_e = 0,25 \dots 0,3$.

5.7 Рекомендації щодо вибору схем електропостачання підприємства

Характерні мережі зовнішнього електропостачання наведені у літературі [10-16]

При цьому обрані схеми повинні:

- забезпечувати потрібну надійність електропостачання споживачів згідно з категорією;
- враховувати перспективу розвитку;
- забезпечувати можливість проведення ремонтних та експлуатаційних робіт на окремих елементах схеми без порушення живлення споживачів.

На напругу 35...330 кВ слід застосовувати найпростіші схеми без збірних шин блок лінія-трансформатор ГЗП (ПГВ) або схеми «містка». На напругу 10 кВ – блок лінія-секція ЗРУ – 10 кВ.

Розподільчі пристрої напругою 10 кВ підстанції повинні виконуватися з однією секційованою системою збірних шин. При цьому слід:

- РП-10 кВ виконувати закритого типу (ЗРП-10 кВ);
- приймати шафи КУ-10 Рівненського заводу високовольтної апаратури з вакуумними (ВВ-10У, ВВ-10) та елегазовими вимикачами.

Для зниження струмів короткого замикання повинна передбачатися окрема робота трансформаторів ГЗП (ПГВ), секцій ЗРП-10 кВ.

За необхідністю додаткового обмеження струму короткого замикання на $U=10$ кВ слід передбачати:

- живлення секцій від окремих обмоток трансформаторів з розщепленими обмотками;
- струмообмежувальні реактори.

Внутрішньозаводський розподіл електроенергії рекомендується виконувати за радіальною, магістральною або змішаною схемам.

Вибір схеми визначається територіальним розташуванням споживачів, їх розрахунковим навантаженням, вимогами надійності живлення, розташуванням джерела живлення підприємства та іншими характерними особливостями проектуемого об'єкта. При цьому магістральним схемам треба віддавати перевагу як більш економічним при виконанні вимог надійності живлення споживачів.

Схеми можуть виконуватися одно- та двоступеневими. Другу ступінь допускається застосовувати лише для групи віддалених або зосереджених споживачів. Спорудження РП-10 кВ на рівні другої ступіні слід розглядати при кількості приєднувань не менше 8. Кінцеве рішення повинно прийматися на основі техніко-економічного обґрунтування.

Магістральні схеми з двома та більше паралельними магістралями застосовуються для живлення споживачів будь-якої категорії. При цьому трансформатори двох та одно трансформаторних ЦТП повинні підключатися до різних магістралей та мати взаємне резервування за напругою до 1000 В.

Кількість трансформаторів $U=10$ кВ, що приєднуються до однієї магістралі, слід застосовувати не більше двох номінальною потужністю 1600-2500 кВА та три-чотири менших потужностей.

Більш детальна інформація щодо застосування та виконання магістральних схем внутрішньозаводського розподілення електроенергії наведена в [10-16].

Радіальні схеми слід застосовувати при навантаженнях, що розміщені в різних напрямках від джерела живлення підприємства. При цьому трансформатори двотрансформаторних ЦТП повинні бути приєднані до різних секцій ЗРП-10 кВ. Взаємне резервування на одно трансформаторних підстанціях слід здійснювати перемичками напругою 0,4 кВ.

За наявності електроприймачів першої категорії в мережі електропостачання повинно бути передбачено автоматичне вмикання резервного живлення (АВР) на всіх рівнях.

Конструктивно розподілення електроенергії за територією підприємства виконується, в основному, кабелями, які прокладені в траншеях. При цьому кількість кабелів, які прокладені в одній траншеї, повинна бути не більше 6. Кабелі, що живлять трансформатори ЦТП з навантаженням першої категорії, повинні прокладатися в різних траншеях.

Комплектні струмопроводи $U=10$ кВ слід застосовувати для передачі навантаження більше 1,5...2 кА у зв'язку з їх високою надійністю, перевантажувальною здатністю, а також високим ступенем індустріалізації електромонтажних робіт замість ліній, виконаних великою кількістю паралельних кабелів.

Кінцеве рішення щодо вибору варіанту схеми зовнішнього та внутрішньозаводського розподілення електроенергії приймається на основі техніко-економічного обґрунтування.

5.8 Компенсація реактивної потужності

В курсовому проекті в обов'язковому порядку передбачається рішення питань раціональної компенсації реактивної потужності (РП).

До комплексу питань компенсації РП входить:

- визначення потужності компенсуючих пристроїв (КП), які підлягають встановленню в мережі промислового підприємства з урахуванням вимог енергосистеми до величини споживленої реактивної потужності;
- вибір типу засобів компенсації;
- розрахунок потужності та місця встановлення компенсуючих пристроїв в мережі електропостачання;
- вибір режиму роботи КП;
- розрахунок економії електроенергії від прийнятих рішень з компенсації реактивної потужності.

Вихідними даними для розв'язування задачі компенсації РП є:

Q_{el} – економічно або технічно обґрунтоване значення РП, яка передається від енергосистеми в мережу споживача в години найбільшого активного навантаження енергосистеми;

$P_{розр}$, $Q_{розр}$ – сумарні розрахункові навантаження підприємства (відповідно активне та реактивне) для найбільш завантаженої зміни;

Сумарна потужність компенсуючих пристроїв підприємства з дотриманням балансу РП на межі балансової приналежності:

$$Q_{БКП} = Q_{розр} - Q_{НКП}, \quad (5.11)$$

де $Q_{розр.}$ – розрахункова РП з урахування втрат в трансформаторах 10/0,4 ЦТП.

$Q_{НКП}$ – фактична сумарна потужність низьковольтних КП.

При виборі засобів компенсації в мережі > 1000 В використовувати, в першу чергу, перевантажувальну здатність синхронних двигунів за РП. Рекомендації щодо визначення РП синхронних двигунів для компенсації наведені в [15, 28].

Потужність БСК напругою 10 кВ при використанні СД визначається за формулою:

$$Q_{БСК} = Q_{ВКП} - Q_{СД}. \quad (5.12)$$

За цією потужністю вибирається стандартна потужність комплектних КП.

У випадку незначної потужності $Q_{БСК}$ на $U=10$ кВ рекомендується не встановлювати КП напругою вище 1000 В, а використовувати тільки перевантажувальну здатність СД за РП. Різницю некомпенсованої потужності $Q_{ВКП}$ розглянути в мережі 0,4 кВ.

Значення параметру $Q_{с2}$ служить для визначення потужності КП, яка регулюється.

За згодою з керівником проекту питання компенсації РП може бути розглянуте на основі ТЕР.

5.9 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір електричних апаратів та кабелів

В даному курсовому проекті розрахунок струмів короткого замикання виконується для точки к.з. на стороні 10 кВ приймального пункту електроенергії підприємства.

При цьому необхідно враховувати підживлення від синхронних двигунів, якщо двигуни безпосередньо з'єднані з шинами розрахункової точки к.з. та їх сумарна потужність не менше 1 МВт.

Рекомендації щодо розрахунку струмів к.з. наведені в [10-16, 28].

Вибір електричних апаратів, марки та перерізу кабелів виконувати у відповідності з вимогами [1] та рекомендаціями [10-16, 28].

Усі розрахунки повинні супроводжуватися, в необхідних випадках, пояснюючими схемами, розрахунковими формулами з посиленнями на літературу.

Аналогічні розрахунки повинні бути зведені до таблиці.

5.10 Рекомендації щодо виконання останніх блоків алгоритму проектування

При виконанні блоку алгоритму проектування «Контроль режиму електроспоживання» треба розглянути технічний та розрахунковий облік електроенергії на сторонах ВН та НН приймального пункту електроенергії підприємства.

При цьому використовувати сучасні системи автоматичного контролю та обліку електроенергії.

При виконанні блоку «Вибір та розрахунок заходів обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом» необхідно розглянути основні питання техніки безпеки при експлуатації електроустановок, виконати розрахунок заземлюючих пристроїв для джерела живлення підприємства.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок. Україна Видання офіційне. Міненерговугілля України. — Х.: Форт, 2017. — 760 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015 «Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств». — К.: Мінрегіон, 2016. — 79 с.
3. ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення»
4. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення
5. НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»
6. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»
7. СОУ-Н МПЕ 40.1.20.510:2006 Методика визначення економічно доцільних обсягів компенсації реактивної енергії, яка перетікає між електричними мережами електропередавальної організації та споживача (основного споживача та субспоживача)
8. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №87 від 06.02.2018. DOI: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0392-18>
9. ГКД 340.000.002-97 Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі, затверджений наказом Міненерго України від 20.01.97 р. № 1ПС.
10. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. — Харків : ФОП Панов А. М., 2016. — 272 с.
11. Бурбело М.Й. Проектування в системах електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. — 2-е вид., перероб. і доп. — Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. — 148 с.
12. Демов О.Д. Розрахунок та вибір електричної мережі промислового підприємства: [Навч. посіб. з курс. проектування для студ. спец. 7.090510, 7.090603, 7.000008, 7.092203] / О.Д. Демов, В.В. Вержук; Вінниц. нац. техн. ун-т. — Вінниця: ВНТУ, 2005. — 95 с.
13. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1984.

14. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / Под ред. А.А.Федорова. Т.1. Электроснабжение. Т.2. Электрооборудование.-М.: Энергоатомиздат, 1986, 1987.
15. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий / Под ред. А.С.Овчаренко и др. -К.: Техника, 1985.
16. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1987.
17. Овчаренко А.С., Розинский Д.И. Підвищення ефективності електропостачання промислових підприємств. - К.: Техніка, 1989.
18. Зорин В.В. и др. Надежность систем электроснабжения. -К.: Высш. шк., 1984.
19. Ильяшов В.П. Конденсаторные установки промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
20. Лигерман И. И. Конструирование электроустановок промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
21. Смирнов А.Д., Антипов К.М. Справочная книга энергетика, -М.: Энергоатомиздат, 1987.
22. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособие для техникумов. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
23. Справочник по проектированию электрических сетей электрооборудования / Под ред. В.И.Еруповича и др. - М.: Энергоиздат, 1981.
24. Карвовский Г.А. Электрооборудование и окружающая среда. -М.: Энергоиздат, 1984.
25. Handbook of Electrical Engineering: For Practitioners in the Oil, Gas and Petrochemical Industry. Alan L. Sheldrake – 2003. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 0-471-49631-6
26. Power systems / editor, Leonard Lee Grigsby. 2007 by Taylor & Francis Group, LLC. ISBN-13: 978-0-8493-9288-7.
27. Попов В.В. Розробка методу вибору пристроїв компенсації реактивної потужності за умови мінімальних зведених витрат /В.В. попов. Д.І. Комаріічина // Електротехніка та електроенергетика: науковий журнал. – Запоріжжя. 2013. – Вип. 1. – С.77 – 82.
28. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 280 с.