

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
ДЕРЖАВНИЙ ВНЗ «НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра систем електропостачання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ ТА РОБІТ
для здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «*бакалавр*»
за напрямом підготовки
050701 – "Електротехніка та електротехнології"

Дніпропетровськ
Державний ВНЗ НГУ
2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ МОЛОДІ ТА СПОРТУ
ДЕРЖАВНИЙ ВНЗ «НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання дипломних проектів (робіт) для здобуття
освітньо-кваліфікаційного рівня *«бакалавр»*
за напрямом 050701 – "Електротехніка та електротехнології"

Розглянуто та погоджено методичною комісією з напрямку 050701 –
«Електротехніка та електротехнології»
Протокол № від

Дніпропетровськ
Державний ВНЗ НГУ
2012

Методичні вказівки до виконання дипломних проектів (робіт) для здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня *«бакалавр»* за напрямом 6.050701 – "Електротехніка та електротехнології" / І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, О.Г. Лисенко – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 40 с.

Упорядники:

І.В. Жежеленко, д.т.н., професор

Ю.А. Папаїка, к.т.н., доцент

О.Г. Лисенко, асистент

Затверджено до видання науково-методичною радою НГУ за поданням методичної комісії за напрямом підготовки 050701 – "Електротехніка та електротехнології" (протокол № від. р.)

Відповідальний за випуск - заст. зав. кафедри систем електропостачання
С.І. Випанасенко, д.т.н., професор.

ВСТУП

Згідно до навчального плану та ОКХ (освітньо-кваліфікаційної характеристики) підготовки бакалаврів за професійним спрямуванням 050701 – "Електротехніка та електротехнології" на кафедрі систем електропостачання Державного ВНЗ «НГУ» передбачена державна атестація у формі захисту дипломного проекту (кваліфікаційні роботи, що присвячені вирішенню виробничих задач, переважна більшість яких віднесено в ОКХ до проектної та проектно-конструкторської професійних функцій) або у формі захисту дипломної роботи (кваліфікаційні роботи, що присвячені вирішенню виробничих задач технологічного характеру в тому числі задач з організації процесів монтажу, налагодження та ремонту електрообладнання, розроблення заходів з раціонального використання електричної енергії та впровадження енергозберігаючих технологій, контролю режимів роботи електротехнологічних установок, обладнання систем електропостачання, включаючи допоміжні системи та пристрої).

Таким чином, метою та головним змістом кваліфікаційної роботи у вигляді дипломного проекту (роботи) випускника освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр є розв'язання певної проектної задачі, яка є складовою ОКХ бакалавра з напрямку підготовки 050701 – "Електротехніка та електротехнології". Дані методичні вказівки призначені для допомоги підготовки дипломного проекту, в основу якого покладено розрахунок цехової системи електропостачання промислового підприємства.

1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ВИМОГИ ЩОДО СКЛАДУ ТА ОФОРМЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Складові дипломного проекту

Дипломний проект включає комплект технічної документації, до складу якої входять креслення та пояснювальна записка (ПЗ). Креслення виконують за стандартами ЕСКД (група стандартів «Единая система конструкторской документации») та СПДС (група стандартів «Система проектной документации для строительства»), що доповнюють стандарти системи ЕСКД. Для вирішення тих же завдань можна звернутися до стандарту СВО НГУ НМЗ-05.

Склад креслень дипломного проекту регламентується вимогами стандарту ГОСТ 2.102 – 68 та повинен відповідати стадії проектування. Для дипломного проекту обов'язково додається: а) принципова електрична схема РП 6-10 кВ з відгалуженнями до споживачів, б) схема електричних з'єднань цехових електроприймачів напругою до 1000 В, в) графіки електричних навантажень, г) план розміщення електрообладнання у приміщенні підприємства. Можливі додаткові креслення, що розкривають вирішені у дипломному проекті спеціальні питання (по узгодженню з керівником дипломного проекту). Кількість обов'язкових креслень формату А1 має бути у межах 3-5.

1.2 Структура та правила оформлення дипломного проекту

Структура пояснювальної записки кваліфікаційної роботи умовно поділяється на вступну і основну частини та додатки.

Вступна частина:

- титульний аркуш;
- завдання на кваліфікаційну роботу;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних скорочень (при необхідності);
- вступ.

Основна частина:

- розділи кваліфікаційної роботи;
- висновки;
- список використаної літератури.

Додатки.

Правила оформлення пояснювальної записки детально викладені в стандарті СВО НГУ НМЗ-05.

Текстова частина пояснювальної записки має бути набрана та надрукована в текстовому редакторі версії Word на аркушах формату А4 (210 мм × 297 мм) на одному боці аркуша.

Кожний аркуш ПЗ дипломного проекту повинен мати рамку і основний напис. Основний напис (використовується «великий штамп», див. стандарт СВО НГУ НМЗ – 05) виконується на першому аркушеві кожної окремої частини (розділу) записки, включаючи реферат, зміст, вступ, висновки і перелік посилань. На інших аркушах ПЗ записки використовують основний напис – «малий штамп». На титульному аркушеві та завданні основний напис не виконується.

При цьому пропонуються наступні параметри форматування:

- орієнтація сторінки – книжкова;
- поля: ліве – 25 мм, верхнє та нижнє – 20 мм; праве – не менше 10 мм;
- шрифт – Times New Roman;
- кегль – 14 пт (для підписів до таблиць та рисунків – 12 пт);
- абзацний відступ – 1,25 см;
- інтервал 1,5;
- колонтитули: верхній – 1,25; нижній – 1,1;
- вирівнювання тексту – за шириною;
- вирівнювання заголовків – по центру;
- номер сторінок – правий верхній кут (з третьої сторінки, арабськими цифрами).

Текст основної частини дипломного проекту ділять на розділи та підрозділи, які нумерують арабським цифрами. Підрозділи нумерують в межах розділу. Номер підрозділу складається з номеру розділу та номеру підрозділу відокремлених крапкою. Заголовки розділів (прописні літери) та підрозділів (прописна лише перша літера) друкують напівжирним шрифтом без крапки після відповідного номера і в кінці. Відстань між заголовком і подальшим та попереднім текстом має бути не менше двох інтервалів. Кожен розділ має починатися з нової сторінки.

Не можна залишати на сторінці назву підрозділу, якщо після неї розташовано менше двох рядків тексту.

Об'єм пояснювальної записки не повинен перевищувати 50 сторінок машинописного тексту, з яких не менше 50 відсотків повинна займати розрахунково-аналітична частина.

Пояснювальна записка має бути переплетеною та мати жорстку палітурку.

1.3 Рекомендовані спеціальні питання для поглибленого аналізу

По узгодженню з керівником дипломного проекту, студенту призначаються спеціальні питання для поглибленого розрахунку та аналізу:

1. Розробка системи електропостачання цеху машинобудівної промисловості з застосуванням швидкодіючих компенсаторів реактивної потужності;
2. Обґрунтування способів компенсації реактивної потужності в електричних мережах промислових підприємств;
3. Визначення втрат потужності та енергії в електричних мережах підприємства. Розробка можливих заходів по їх зменшенню;
4. Розробка системи захисту цехової розподільчої мережі підприємства.
5. Компонівка цехової трансформаторної підстанції підприємства;
6. Визначення показників якості напруги в електричній мережі підприємства. Розробка заходів їх покращення;
7. Визначення раціонального способу компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства;
8. Визначення раціональних типів та перетинів провідників на різних ступенях розподілу електроенергії підприємства;
9. Обґрунтування доцільності застосування регульованої конденсаторної батареї для компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства;
10. Обґрунтування доцільності застосування синхронних компенсаторів для компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства;
11. Розробка системи захисту в електричних мережах до 1000 В з метою забезпечення селективності роботи автоматичних вимикачів;
12. Аналіз припустимих перевантажень трансформаторних підстанцій підприємства;
13. Проектування системи електропостачання з відповідністю вимог забезпечення якості напруги;
14. Аналіз показників якості напруги підприємства. Розробка заходів по їх відповідності ГОСТ 13109;
15. Аналіз впливу компенсації реактивної потужності на втрати потужності та енергії в електричних мережах підприємства;
16. Розробка системи електропостачання підприємства з застосуванням сучасних трансформаторних підстанцій;
17. Розробка системи електропостачання підприємства з застосуванням сучасних кабельно-провідникових матеріалів;

18. Розробка системи електропостачання підприємства з застосуванням сучасних апаратів захисту;

19. Розробка системи електропостачання підприємства з урахуванням режимів роботи електроприймачів;

20. Розробка заходів зменшення втрат потужності та енергії в електричних мережах підприємствах.

2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

2.1 Принципи проектування систем електропостачання підприємства

Низьковольтні цехові мережі систем електропостачання (СЕП) обслуговують більшість технологічних процесів, де задіяна значна кількість електродвигунів, електрозварювальних установок та інших електроприймачів, що споживають близько 80% усієї електроенергії в промисловості. Тому для розподілу електроенергії на напрузі до 1 кВ слід застосовувати найбільш економічні системи, які забезпечують необхідний рівень надійності, безпеки і зручності експлуатації. У свою чергу число, потужність і місце розташування цехових трансформаторних підстанцій (основних елементів СЕП), наявність високовольтних електроприймачів, віддаленість об'єкта від джерел живлення (ГЗП, ЦРП та інші) і ступінь безперебійності електропостачання цехів, що вимагається, визначають структуру і параметри розподільної (міжцехової) мережі більш високої напруги [4-7].

Остаточне рішення в обох випадках ухвалюється на підставі порівняння варіантів за техніко-економічними показниками. Порівнювані варіанти за технічним рівнем, надійністю електропостачання, зручністю експлуатації та іншими показниками повинні відповідати вимогам, які пред'являються до системи електропостачання даного промислового об'єкта (підприємства, групи цехів, корпусу, цеху, відділення тощо).

Схема розподілу електроенергії повинна бути пов'язана з технологічною схемою об'єкта. Живлення приймачів електроенергії різних паралельних технологічних потоків має здійснюватися з різних джерел: підстанцій, РП, різних секцій шин однієї підстанції. Це необхідно для того, щоб при аварії не зупинялися обидва технологічних потоку. У той же час взаємопов'язані технологічні агрегати повинні приєднуватися до одного джерела живлення, щоб при зникненні живлення всі приймачі електроенергії були одночасно знеструмлені.

При побудові загальної схеми електропостачання необхідно приймати варіанти, що забезпечують раціональне використання осередків розподільних пристроїв, мінімальну довжину розподільної мережі, максимум економії комутаційно-захисної апаратури [9-15].

Для наочності процес проектування системи електропостачання об'єкта представлений у вигляді послідовності проектних процедур, які забезпечують отримання необхідної технічної документації (описів, креслень, таблиць підключень тощо).

Алгоритм виконання дипломного проекту:

1. Аналіз вихідних даних та розподіл електричних приймачів по території цеху, визначення кількості виробничих дільниць;
2. Розрахунок електричних навантажень для дільниць та цеху в цілому;
3. Вибір числа, потужності та розміщення цехових трансформаторних підстанцій. Компенсація реактивної потужності;
4. Вибір структури, напруги та конструктивного виконання системи електропостачання;
5. Вибір перетинів проводів та жил кабелів, параметрів автоматичних вимикачів;
6. Розрахунок струмів КЗ та перевірка селективності роботи системи захисту електрообладнання в електричних мережах напругою до 1000 В;
7. Визначення втрат потужності та енергії в системі зовнішнього електропостачання;
8. Виконання графічної частини дипломного проекту.

2.2 Розрахунок електричних навантажень

Під час проектування будь-якого об'єкта (промислового підприємства, міського мікрорайону чи сільськогосподарського кооперативу) постає задача визначення розрахункових навантажень, які необхідні для вибору перерізів струмопровідних частин (проводів, кабелів, розподільних та магістральних шинопроводів чи збірних шин), потужності трансформаторів, компенсуючих пристроїв, апаратів комутації та захисту, розрахунку й вибору уставок захисту тощо, а також для виконання техніко-економічних розрахунків.

Правильне визначення розрахункових навантажень є основою для раціонального вибору схеми електропостачання та усіх її елементів. **Збільшення розрахункових навантажень** призводить до невиправданого збільшення об'єму провідникового матеріалу, встановленої потужності трансформаторів та іншого обладнання і загалом до значних невиправданих витрат коштів. **Зниження розрахункових потужностей** може привести до зменшення пропускної здатності всієї електричної мережі системи електропостачання, до надлишкових втрат потужності та енергії, перегрівання проводів, кабелів, трансформаторів та, як наслідок, до скорочення терміну їхньої роботи.

Розрахунок навантажень виконують для кожного ієрархічного рівня системи електропостачання, починаючи від окремого електроприймача, тобто знизу, і до приймальної підстанції вузла електропостачання (ГПП - головної понижувальної підстанції) (рис. 1) [13].

Точка 1 - окремий електроприймач. Розрахункова потужність дорівнює номінальній потужності. Розрахункова потужність необхідна для вибору провідників живлення і вибору апаратів захисту.

Точка 2 - група електроприймачів. Розрахункова потужність необхідна для вибору перерізу провідників, для розрахунку режиму напруги і для розрахунку захисту лінії живлення.

Точка 3 - силовий пункт у цеху.

Точка 4 - шини 0,4 кВ ТП. Розрахункова потужність необхідна для вибору трансформатора ТП і розрахунку захисту цього трансформатора.

Точка 5 - високовольний ввід на ТП. Розрахункова потужність необхідна для вибору високовольного кабеля живлення ТП і розрахунку захисту кабеля.

Точка 6 - шини РП. Методика визначення розрахункової потужності аналогічна методиці для ТП. Величина розрахункової потужності необхідна для вибору обладнання РП, для вибору кабеля живлення РП та розрахунку захисту цього кабеля.

Точка 7 - шини 6...10 кВ ГПП. Розрахункова потужність необхідна для вибору трансформаторів ГПП, розрахунку захисту трансформаторів і для вибору обладнання РП ГПП.

Точка 8 - ввід на підприємство. Розрахункова потужність необхідна для вибору параметрів лінії живлення, для розрахунку захисту цієї лінії і для підписання угоди з електросистемою на електропостачання.

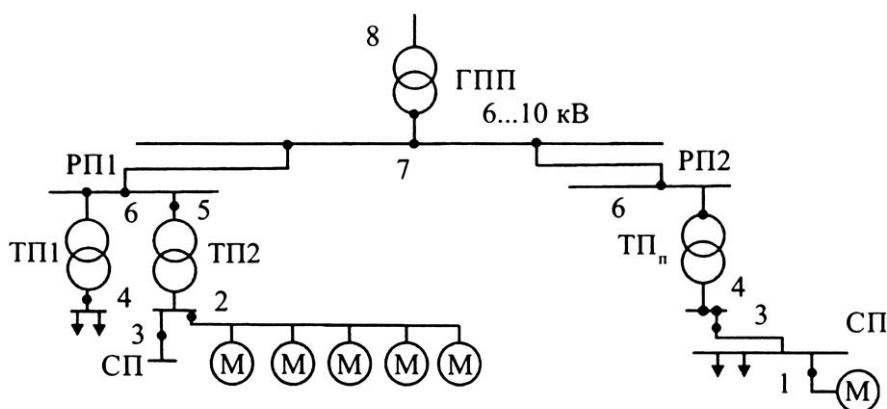


Рис. 1. Характерні точки системи електропостачання, в яких визначається розрахункова потужність

2.2.1 Метод коефіцієнта попиту

Для визначення розрахункового навантаження методом коефіцієнта попиту необхідно знати номінальну потужність $P_{ном}$ характерної групи приймачів та коефіцієнти попиту K_n і коефіцієнт реактивної потужності групи. Розрахункове навантаження цієї групи однорідних електроприймачів визначають за формулами [3]:

$$P_p = K_n \cdot P_{ном} \quad (1)$$

$$Q_p = P_p \cdot \tan \varphi \quad (2)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (3)$$

Розрахункове навантаження вузла системи електропостачання (цех, корпус, підприємство), до якого входять групи електроприймачів із різними режимами роботи, визначають додаванням розрахункових навантажень окремих груп з урахуванням коефіцієнта одночасності максимумів навантажень $K_{ом}$, тобто:

$$P_{p\Sigma} = K_{ом} \cdot \sum_i P_{pi} \quad (4)$$

Для реактивних розрахункових навантажень неодноразовість максимумів не враховують:

$$Q_{p\Sigma} = \sum_i Q_{pi} \quad (5)$$

Значення коефіцієнта одночасності максимумів наближено приймається в межах $K_{om}=0,85...1,0$ залежно від місцезнаходження цього вузла в системі електропостачання.

Основною перевагою методу є його простота, а основним недоліком - недостатня точність, оскільки коефіцієнт попиту приймається незалежно від числа і потужності окремих приймачів у групі. Таке припущення можливе лише за високих значень коефіцієнта використання і великої кількості приймачів. Унаслідок цього метод коефіцієнта попиту є наближеним і може бути рекомендований тільки для попередніх розрахунків вузлів навантажень, в які входять значна кількість приймачів, коли немає даних про кількість приймачів та потужність кожного з них.

Даний метод застосовують при необхідності визначення електричних навантажень у мережах напругою *вище 1000 В*.

2.2.2 Метод впорядкованих діаграм

Методика розроблена із застосуванням математичного апарату теорії відносності, теорії масового обслуговування та математичної статистики [1-3].

Розрахункова потужність:

$$P_p = K_m \cdot P_{cm}, \quad K_m = f(K_B, n_e) \quad (6)$$

Коефіцієнт максимуму знаходиться за графіками або ж за таблицею. Для цього необхідно визначити ефективну кількість електроприймачів n_e , тобто кількість електроприймачів однакової потужності, які в процесі роботи створюють такий же графік навантаження як і реальні електроприймачі.

Порядок визначення розрахункової потужності групи електроприймачів

1. У відповідності з режимом роботи всю групу електроприймачів ділимо на 2 підгрупи:

- електроприймачі, що працюють з постійним графіком;
- електроприймачі, що працюють зі змінним графіком.

У разі відсутності таких даних усі електроприймачі відносяться до електроприймачів зі змінним графіком навантаження. За наявності у розрахунковому вузлі електроприймачів як зі змінним, так і з практично постійним графіком навантаження, розрахункові навантаження електроприймачів визначаються окремо, а сумарне розрахункове навантаження у вузлі і в цілому - додаванням максимального навантаження електроприймачів зі змінним графіком і середнього навантаження електроприймачів із практично постійним графіком.

2. Визначаємо номінальні потужності двох підгруп:

$$P_{ном\sim} = \sum_1^n p_{ном\ i\sim}; \quad P_{ном-} = \sum_1^n p_{ном\ i-} \quad (7)$$

3. Визначаємо середню потужність двох підгруп:

$$P_{cm\sim} = \sum_1^n k_{Bi} \cdot p_{ном i\sim}; P_{cm-} = \sum_1^n k_{Bi} \cdot p_{ном i-} \quad (8)$$

$$Q_{cm\sim} = P_{cm\sim} \cdot tg\varphi; Q_{cm-} = P_{cm-} \cdot tg\varphi$$

4. Визначаємо розрахункову потужність електроприймачів, що працюють з постійним графіком:

$$P_p = P_{cm}; Q_p = Q_{cm} \quad (9)$$

5. Визначаємо розрахункову потужність електроприймачів, що працюють зі змінним графіком. Визначаємо груповий коефіцієнт використання:

$$K_{B\sim} = \frac{P_{cm\sim}}{P_{ном\sim}} \quad (10)$$

За наявності повної інформації про електроприймачі n_e дорівнює:

$$n_e = \frac{\left(\sum_1^n p_{ном i} \right)^2}{\sum_1^n p_{ном i}^2} \quad (11)$$

За відсутності повної інформації про електроприймачі n_e знаходиться за такою методикою:

$$m = \frac{p_{ном \max}}{p_{ном \min}} \quad (12)$$

де $p_{ном \max}$ – потужність найбільшого приймача;

$p_{ном \min}$ – потужність найменшого приймача.

При визначенні коефіцієнта m не враховуються електроприймачі, сумарна потужність яких складає 5 % від потужності групи.

Якщо $m \leq 3$, приймаємо $n_e = n$, де n – реальна кількість електроприймачів.

Якщо $m > 3$, а груповий коефіцієнт використання $K_B \geq 0,2$, тоді:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_1^n p_{ном i}}{p_{ном \max}} \quad (13)$$

Визначаємо розрахункову активну потужність:

$$K_{M\sim} = f(K_{B\sim}, n_e) \quad (14)$$

$$P_{p\sim} = K_{M\sim} \cdot P_{cm\sim} \quad (15)$$

6. Визначення реактивної розрахункової потужності:

Якщо $n_e > 10$, то $Q_p = Q_{cm}$,

Якщо $n_e \leq 10$, то $Q_p = 1,1Q_{cm}$.

7. Визначаємо розрахункову потужність усієї групи електроприймачів:

$$P_p = P_{p\sim} + P_{p-} \quad (16)$$

$$Q_p = Q_{p\sim} + Q_{p-} \quad (17)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (18)$$

Примітки до методики

1. При кількості електроприймачів до трьох, розрахункова потужність дорівнює номінальній:

$$n \leq 3 \Rightarrow P_p = P_{ном}.$$

2. Якщо груповий коефіцієнт використання більше 0,8, то $K_m = 1$:

$$K_B > 0,8 \Rightarrow K_m = 1.$$

3. Якщо ефективна кількість електроприймачів більша 200, то $K_m = 1$:

$$n_e > 200 \Rightarrow K_m = 1.$$

4. Якщо електроприймачі мають однакову потужність, то $n_e = n$:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_n \Rightarrow n_e = n.$$

5. Якщо $m \leq 3$, то $n_e = n$.

6. Якщо декілька двигунів групи включають і вимикають одночасно, то їх можна замінити одним двигуном, потужність якого дорівнює потужності всіх цих двигунів.

7. При визначенні розрахункової потужності підйомних механізмів треба враховувати, що одночасно дозволяється робота тільки двох механізмів.

8. Електроприймачі, що працюють в короткочасному режимі, при визначенні розрахункової потужності групи електроприймачів не враховуються.

9. Резервні електроприймачі при визначенні розрахункової потужності групи не враховуються.

Даний метод застосовують при необхідності визначення електричних навантажень у мережах напругою **до 1000 В**. Значення деяких коефіцієнтів графіків електричних навантажень приведені у додатку А.

2.2.3 Визначення розрахункової потужності однофазних електроприймачів

1. Визначення розрахункової потужності при кількості електроприймачів до трьох ($n \leq 3$)

На рис. 2 подана схема підключення однофазних електроприймачів у трифазній мережі [3].

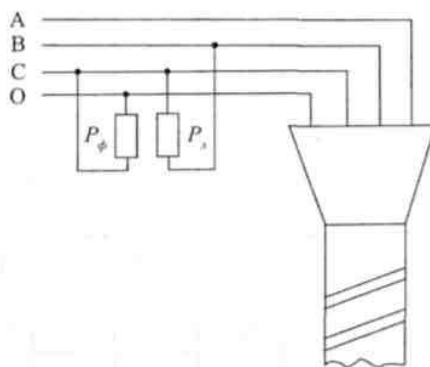


Рис. 2. Схема підключення однофазних електроприймачів

При підключенні електроприймачів на фазну напругу розрахункова потужність:

$$P_p = 3 \cdot P_{\text{ном}} \quad (19)$$

Розрахункова потужність електроприймачів, підключених на лінійну напругу:

$$P_p = \sqrt{3} \cdot P_{\text{ном}} \quad (20)$$

2. Визначення розрахункової потужності при кількості електроприймачів більше трьох ($n > 3$)

Електроприймачі можуть бути підключені і на фазну, і на лінійну напругу. В цьому випадку необхідно користуватися коефіцієнтами зведення лінійної напруги до фазної (спеціальні таблиці).

Визначаємо середню потужність за максимально завантажену зміну для кожної фази. Наприклад для фази А матимемо:

$$P_{\text{см}(A)} = K_B \cdot P_{AB} \cdot p_{(ab)A} + K'_B \cdot P_{AC} \cdot p_{(ac)A} + K''_B \cdot P_{A_0} \quad (21)$$

$$Q_{\text{см}(A)} = K_B \cdot P_{AB} \cdot q_{(ab)A} + K'_B \cdot Q_{AC} \cdot q_{(ac)A} + K''_B \cdot Q_{A_0} \quad (22)$$

де K_B, K'_B, K''_B — відповідні коефіцієнти використання;

P_{AB}, P_{AC} — активна потужність електроприймачів, підключених на лінійні напруги U_{AB} і U_{AC} ;

P_{A_0} — активна потужність електроприймачів, підключених на напругу U_A ;

Q_{A_0} — реактивна потужність електроприймачів, підключених на напругу U_A

$p_{(ab)A}, p_{(ac)A}$ — коефіцієнти зведення активної потужності електроприймачів, підключених до напруги U_{AB} і U_{AC} ;

$q_{(ab)A}, q_{(ac)A}$ — коефіцієнти зведення реактивної потужності електроприймачів до фази А.

Аналогічні вирази складаються для фаз В, С.

За активною потужністю визначається найбільш завантажена фаза і розраховується за нею середня потужність для трифазної системи. Приймаємо, що найбільш завантажена фаза А, тоді:

$$P_{\text{см}} = 3 \cdot P_{\text{см}(A)}, \quad Q_{\text{см}} = 3 \cdot Q_{\text{см}(A)} \quad (23)$$

Далі йде розрахунок за стандартною методикою.

Максимальні навантаження однофазних ЕП визначаються аналогічно трифазним ЕП.

При цьому величина n_e , необхідна для визначення K_m , обчислюється:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n p_{\text{ном } i}}{3 \cdot p_{\text{ном max}}} \quad (24)$$

де $\sum_{i=1}^n P_{\text{ном } i}$ – сума номінальних потужностей однофазних ЕП даного вузла; $P_{\text{ном max}}$ – потужність найбільшого однофазного ЕП.

Середньозважене значення K_{ϕ} , що відповідає максимально завантаженій фазі:

$$K_{\phi} = \frac{P_{\text{см. max } \phi}}{\frac{P_{\text{нл1}} + P_{\text{нл2}}}{2} + P_{\text{н0 max } \phi}} \quad (25)$$

де $P_{\text{нл1}}, P_{\text{нл2}}$ – сумарні номінальні потужності однофазних ЕП, включених на лінійну напругу між найбільш завантаженою фазою і суміжними з нею фазами;

$P_{\text{н0 max } \phi}$ – сумарна номінальна потужність однофазних ЕП, включених на фазну напругу найбільш завантаженої фази.

2.2.4 Визначення пікових навантажень

У більшості випадків для розрахунків щодо проектування систем електропостачання необхідно знати тільки піковий струм.

Піковий струм двигунів дорівнює пусковому струму і вказується в паспорті двигуна. За відсутності паспорта приймаємо, що піковий струм для асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором:

$$I_{\text{пik}} = 5I_{\text{ном}} \quad (26)$$

Для двигуна з фазним ротором і двигуна постійного струму:

$$I_{\text{пik}} \approx 2,5I_{\text{ном}} \quad (27)$$

При визначенні пікового струму групи двигунів вважається, що всі двигуни, крім найбільшого, працюють в нормальному режимі, а найбільший двигун запускається.

Для групи двигунів:

$$I_{\text{пik}} = i_{\text{пуск max}} + (I_{\text{р}} - K_{\phi} \cdot I_{\text{ном max}}) \quad (28)$$

де $i_{\text{пуск max}}$ – пусковий струм найбільшого двигуна в групі;

$I_{\text{р}}$ – розрахунковий струм всієї групи;

$I_{\text{ном max}}$ – номінальний струм найбільшого двигуна в групі;

K_{ϕ} – коефіцієнт використання потужності цього двигуна.

2.3 Визначення числа та потужності цехових трансформаторів

Дослідження оптимальних потужностей комплектних трансформаторних підстанцій виявили, що при питомій щільності розподіленого навантаження $\sigma \geq 0,2 \text{ кВА/м}^2$ доцільно застосовувати трансформатори потужністю 1600 кВА, якщо сумарне навантаження об'єкта більше 3000-4000 кВА, а при $\sigma = 0,3 \dots 0,5 \text{ кВА/м}^2$ застосовувати трансформатори з одиничною потужністю 2500 кВА, якщо $S_p \geq 4000 \text{ кВА}$ [2].

$$\sigma = \frac{S_p}{F}, \quad (29)$$

де S_p – розрахункова потужність цеху (ділянки цеха);

F – площа цеху.

Найчастіше на промислових підприємствах застосовуються одно- та двотрансформаторні КТП [13].

Однотрансформаторні КТП застосовуються для живлення ЕП II та III категорії. Їх також можна застосовувати для живлення електроприймачів першої категорії, якщо їхня потужність не перевищує 15-20 % та їх резервування забезпечується за допомогою автоматичних перемичок на стороні низької напруги.

Двотрансформаторні КТП застосовуються за умови переважання ЕП I категорії та при наявності приймачів II категорії, безперебійна робота яких необхідна для функціонування виробництва.

Для вибору потужності трансформаторів необхідно мати графіки електричних навантажень. Якщо графіки відсутні, то слід приймати такі коефіцієнти завантаження трансформаторів:

- Для цехів переважно з навантаженням I категорії при двотрансформаторних підстанціях $\beta = 0,65 - 0,7$.
- Для цехів переважно з навантаженням II категорії при однотрансформаторних підстанціях із взаємним резервуванням $\beta = 0,7 - 0,8$.
- Для цехів переважно з навантаженням II категорії при можливості використання централізованого резерву та для цехів з навантаженням переважно III категорії $\beta = 0,9 - 0,95$ (робота трансформаторів з $\beta > 1,0$ можлива, але вимагає окремого техніко-економічного розрахунку).

Вибір числа та потужності трансформаторів проводиться у наступній послідовності:

1. Визначивши щільність навантаження приймаємо одиничну потужність трансформаторів $S_{\text{номТ}}$;

2. Знаходимо мінімальне число трансформаторів N_0 (якщо їх кількість більше трьох у цеху):

$$N_0 = \frac{P_p}{\beta \cdot S_{\text{номТ}}} + \Delta N, \quad (30)$$

або їх мінімальну потужність S_0 (коли кількість трансформаторів не можна змінювати за умов надійності живлення):

$$S_0 = \frac{P_p}{\beta \cdot N_T}, \quad (31)$$

де β – коефіцієнт завантаження трансформаторів;

ΔN – добавка до найближчого цілого числа.

3. Оптимальна за умов економічності кількість трансформаторів визначається

$$N_{T \text{ опт}} = N_0 + m, \quad (32)$$

де m – додаткова кількість трансформаторів.

Додаткова кількість трансформаторів m визначається за графічною залежністю $m = f(N_0, \Delta N, \beta)$ (Додаток Б).

2.4 Компенсація реактивної потужності

За вибраною кількістю трансформаторів визначають найбільшу реактивну потужність, яку доцільно передати через трансформатори в мережу напругою до 1 кВ [2, 12-15]:

$$Q_T = \sqrt{(N_{T. \text{ опт}} \beta S_{\text{ном. T}})^2 - P_p^2}. \quad (33)$$

Як основний засіб компенсації реактивної потужності на промислових підприємствах слід застосовувати батареї силових конденсаторів.

Сумарна потужність батарей конденсаторів (БК) напругою нижче 1 кВ для даної групи трансформаторів:

$$Q_{\text{нк1}} = Q_p - Q_T, \quad (34)$$

де Q_p – розрахункове максимальне реактивне навантаження споживачів напругою до 1 кВ, приєднаних до трансформаторів, квар.

Якщо виявиться, що $Q_{\text{нк1}} \leq 0$, то встановлення батарей конденсаторів не потрібне і $Q_{\text{нк1}}$ прирівнюється до нуля.

Додаткова сумарна потужність БК напругою до 1 кВ, яка потрібна для оптимального зниження втрат:

$$Q_{\text{нк2}} = Q_m - Q_{\text{нк1}} - \gamma N_{T. \text{ опт}} S_{\text{ном. T}}, \quad (35)$$

де γ – розрахунковий коефіцієнт, що визначається залежно від показників K_1, K_2 та схеми живлення цехової підстанції [2, §4.6].

Тоді сумарна потужність БК на напругу до 1 кВ:

$$Q_{\text{нк}} = Q_{\text{нк1}} + Q_{\text{нк2}}. \quad (36)$$

З балансового рівняння реактивних потужностей для будь-якого вузла напругою 6–10 кВ (РП-6-10 кВ, РУ-6-10 кВ ГЗП або ПГВ промислового підприємства, до якого, крім цехових знижувальних трансформаторів, безпосередньо приєднані також силові електроприймачі) знаходимо потужність конденсаторних батарей, які додатково необхідно встановити у розподільній мережі підприємства:

$$Q_{\text{вк}} = \sum_{i=1}^n (Q_{p.i} - Q_{\text{нк.i}}) + \sum_{j=1}^k Q_{m. \text{ РП.i}} + \Delta Q_{T.i} - (Q_{\text{CD}} + Q_e), \quad (37)$$

де n, k – відповідно, кількість різних груп однотипних трансформаторів та високовольтних розподільних пунктів (РП 6-10 кВ);

$\sum_{i=1}^n (Q_{p.i} - Q_{\text{нк.i}})$ – некомпенсоване реактивне навантаження

низьковольтних електроприймачів, квар;

$\sum_{j=1}^k Q_{м.РП.i}$ – максимальне реактивне навантаження силових ЕП, які

безпосередньо живляться від високовольтних РУ або РП, квар;

$\Delta Q_{T.i}$ – втрати реактивної потужності у відповідних групах однотипних трансформаторів, квар;

Q_{CD} – реактивна потужність, яка генерується синхронними двигунами (СД), квар. На етапі проектування її допускається прирівнювати до номінальної реактивної потужності $Q_{CD,ном}$ або згідно із завданням визначати з умов забезпечення стійкої роботи СД при відомому коефіцієнті завантаження β_{CD} за активною потужністю.

Примітка. Доцільність використання СД для генерації граничних або оптимальних з економічних міркувань значень реактивної потужності встановлюється при більш детальному розгляді питань з компенсації реактивних навантажень споживача електроенергії з урахуванням конкретних умов його живлення.

Визначення точок підключення конденсаторних установок у мережі до 1 кВ

Загальна розрахункова потужність батарей конденсаторів у мережі до 1кВ розподіляється між шинопроводами пропорційно їх сумарному реактивному навантаженню [2].

На одному магістральному шинопроводі слід передбачати встановлення не більше двох близьких за потужністю комплектних конденсаторних установок (ККУ). Якщо основні реактивні навантаження приєднані до другої половини шинопроводу, слід встановлювати тільки одну батарею. Точка її підключення визначається з умови:

$$Q_h \geq \frac{Q_{БК}}{2} \geq Q_{h+1}, \quad (38)$$

де Q_h, Q_{h+1} – найбільші реактивні навантаження шинопроводу перед вузлом h та після нього, квар.

При підключенні до шинопроводу двох низьковольтних БК точки їх підключення визначаються виходячи з таких умов.

Точка підключення дальньої від трансформатора батареї:

$$Q_f \geq \frac{Q_{БК.д}}{2} \geq Q_{f+1}, \quad (39)$$

де Q_f, Q_{f+1} – найбільші реактивні навантаження шинопроводу перед вузлом f та після нього, квар.

Точка підключення ближньої до трансформатора батареї:

$$Q_h - Q_{БК.д} \geq \frac{Q_{БК.б}}{2} \geq Q_{h+1} - Q_{БК.д}. \quad (40)$$

Приклад розподілення батарей конденсаторів (БК) по магістральному шинопроводу показано на рис. 3.

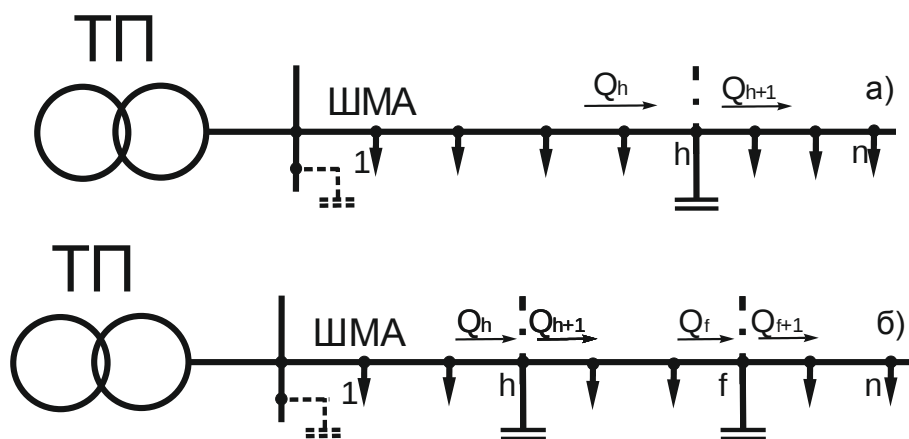


Рис. 3. Схема підключення БК до магістральних шинопроводів:
а – одна БК; б – дві БК.

Після вибору потужності та числа цехових трансформаторів, а також компенсувальних установок необхідно визначити місце установлення трансформаторів.

У цілях найбільшого наближення до центрів навантажень рекомендується застосовувати внутрішньоцехові КТП (з відкритим установленням обладнання) або вбудовані в цех, а також прибудовані до цеху закриті трансформаторні підстанції або підстанції з відкритим установленням трансформаторів біля зовнішньої стіни цеху (за умови неприпустимості або скрутності розміщення внутрішньоцехових підстанцій). У деяких випадках допускається застосовувати цехові підстанції, що стоять окремо (зовнішні КТП).

Типи та виконання трансформаторів та комплектних трансформаторних підстанцій вибираються залежно від умов їх установлення, системи охолодження, температури, стану навколишнього середовища за каталогами виробників електрообладнання або відповідних спеціалізованих фірм.

У результаті виконання цього етапу проектування визначаються:

- кількість цехових підстанцій;
- кількість та потужність трансформаторів на них;
- місце розташування підстанцій на плані цеху.

Як спеціальне завдання виконується розподіл потужності компенсувальних пристроїв між КТП, вибирається їх тип, точки підключення та спосіб регулювання.

До пояснювальної записки, крім розрахунків, додається ескіз компоновки обладнання трансформаторної підстанції, а також схеми комутації та регулювання БК-0,38 або БК-6-10 кВ.

2.5 Вибір структури, напруги та конструктивного виконання обладнання цехових систем електропостачання

Найбільше поширення на промислових підприємствах мають установки напругою 380/220В з глухим заземленням нейтралі. Вибір цієї напруги забезпечує можливість використання трансформаторів для сумісного живлення

силових і освітлювальних навантажень. Найбільша потужність трифазних електроприймачів, які живляться від системи напругою 380/220В, не повинна перевищувати значення, при якому допускається застосування контакторів на струм 600 А [4, 6, 7, 9, 10].

Напругу 380/220 В слід застосовувати у всіх випадках, якщо техніко-економічними розрахунками не доведена доцільність застосування більш високої напруги.

Вибір структури мережі і конструктивного виконання її елементів ґрунтується на інформації про ЕП, що міститься в завданні на дипломне проектування, розташування трансформаторних підстанцій і ЕП, а також результатах розрахунку електричних навантажень. Додатково встановлюються характер середовища виробничих приміщень, тип виконання елементів цехової мережі, уточнюється категорія ЕП за надійністю електропостачання.

При цьому необхідно мати на увазі, що резервування живлення ЕП повинне виконуватися з мінімальними витратами коштів і устаткування.

Для виконання цієї вимоги необхідно:

- ділянки цеху або окремі групи ЕП, які вимагають різного ступеня надійності живлення, розглядати як об'єкти з різними умовами резервування;
- детально вивчити технологічні процеси і виявити ті споживачі, які вимагають особливо підвищеної надійності живлення (наприклад, ЕП „особливої” групи), і виділити їх із ЕП I категорії;
- виділити взаємно резервовані паралельні технологічні потоки і агрегати для живлення їх від незалежних джерел або ліній;
- передбачити використання перевантажувальної здатності трансформаторів, кабелів та іншого електроустаткування у післяаварійних режимах;

Мережі систем трифазного струму напругою до 1000 В виконують за схемами: радіальними, магістральними, змішаними та замкнутою мережі. У радіальній мережі (рис. 4, а) від розподільного пристрою НН ТП (1) радіальними лініями живляться головні щити (2), від яких живляться розподільні щити (3), від них – окремі електроприймачі (4). Магістральна схема (рис. 4, б) виглядає як лінії, що відходять від ТП, до яких безпосередньо або через комутаційно-захисні апарати приєднано споживачі. Змішані схеми можуть бути найрізноманітнішими: наприклад, від ТП за магістральною схемою приєднано розподільні щити, від яких радіальними лініями живлять електроприймачі (рис. 4, в) або розподільні щити живлять радіальними лініями, а приймачі – магістральними у вигляді ланцюжка (рис. 4, г). Замкнена мережа складається з поздовжніх та поперечних магістралей, зв'язаних у точках перетину.

Радіальні схеми забезпечують високу надійність та надаються до автоматизації. Однак вони вимагають великих витрат на спорудження складних розподільних пристроїв, прокладання кабелів та проводок. Їх застосовують для живлення великих за потужністю та відповідальних споживачів або їхніх сконцентрованих груп.

Магістральні мережі більше застосовують для розподіленого навантаження. В них менше розподільних пристроїв на підстанціях, функція комутації децентралізується. Цим покращують економічні показники, а застосуванням шинопроводів у промисловості досягають значної гнучкості та універсальності мережі, що дуже важливо за умов частої зміни технологічних процесів. Наявність перемичок між магістралями окремих підстанцій забезпечує високу надійність. До недоліків магістральних мереж належить деяке зниження надійності за наявності значної кількості приєднань.

Враховуючи особливості та переваги радіальних та магістральних схем, у промисловості зазвичай застосовують змішані схеми. Наприклад, у механічних цехах машинобудівної промисловості широко застосовують схему блока "трансформатор - магістраль", в якій розподільний пристрій на підстанції узагалі відсутній.

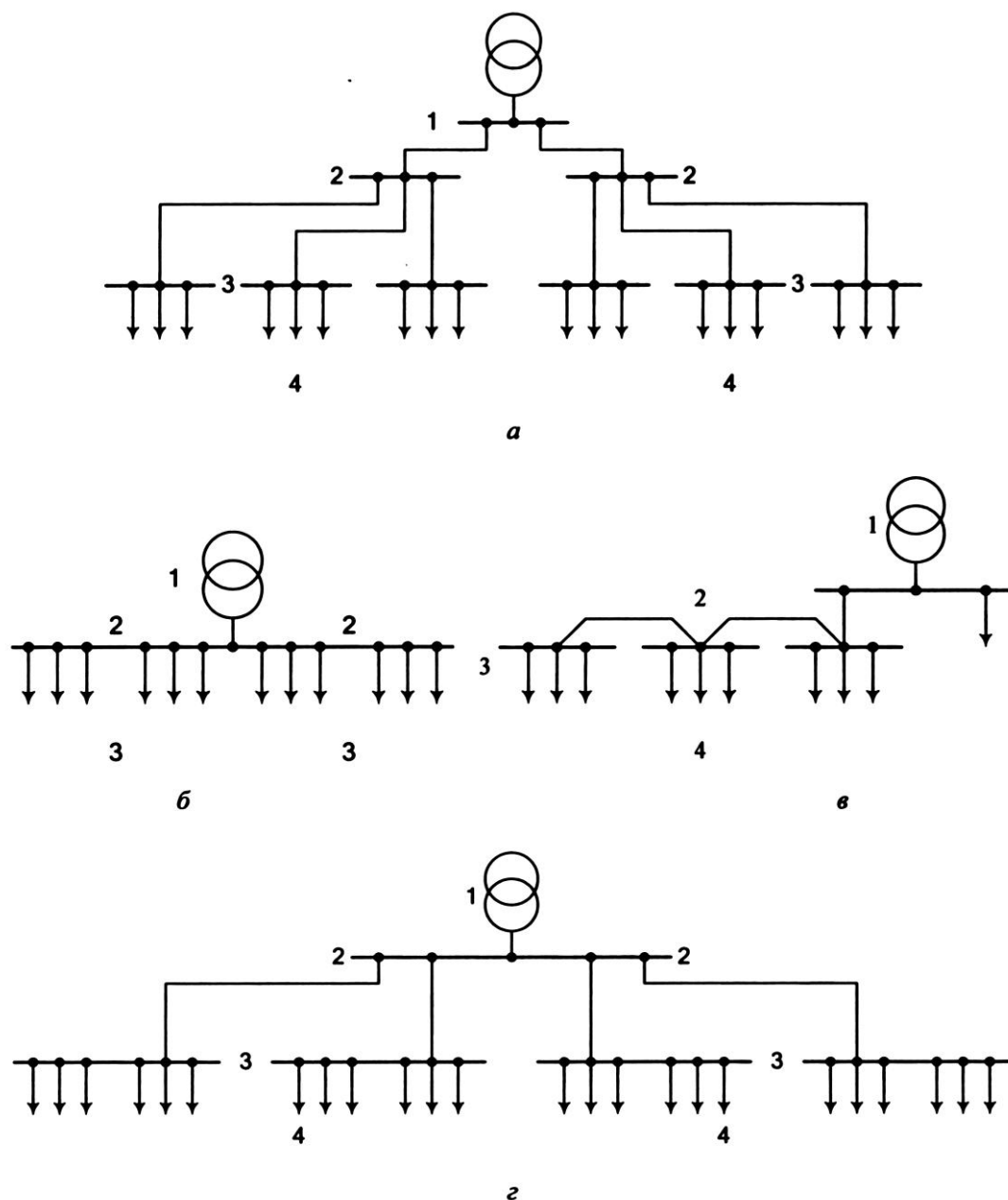


Рис. 4. Варіанти конфігурації цехових електричних мереж

При наявності у складі електроприймачів цеху особливої категорії надійності, застосовують схему багаторівневого резервування з третім автономним джерелом живлення (рис. 5).

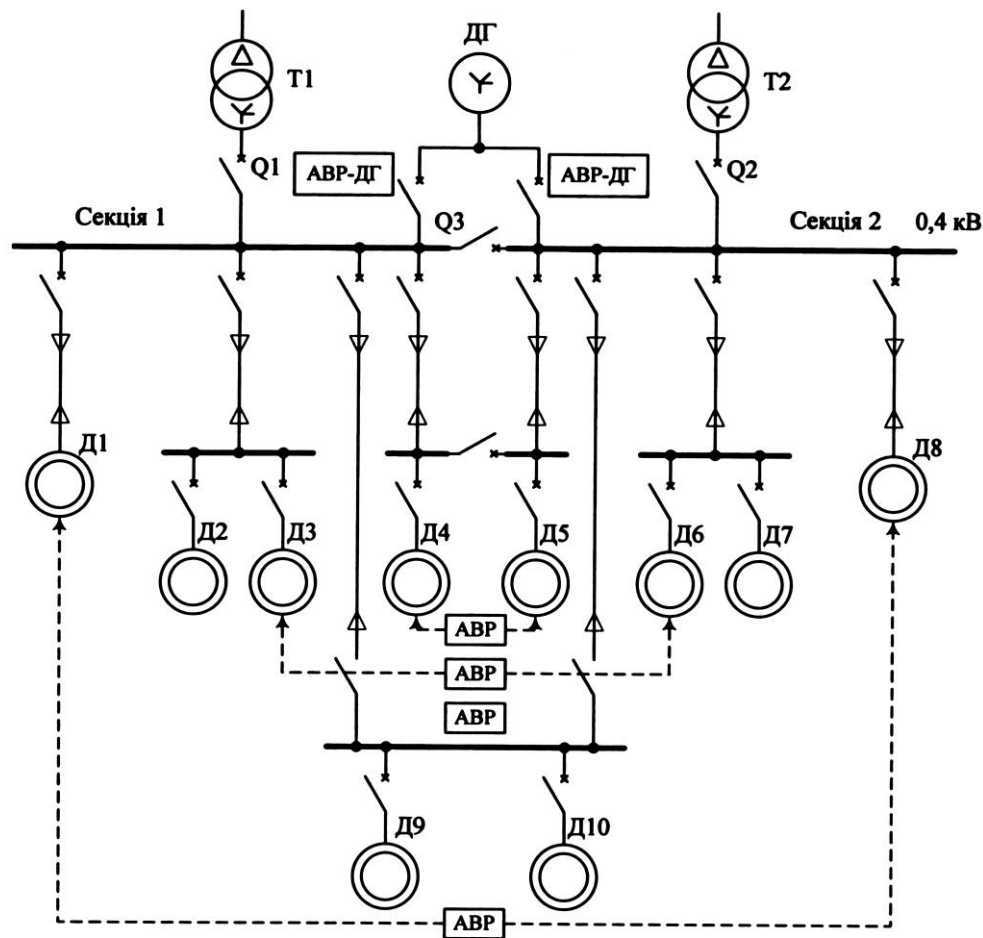


Рис. 5. Схема для живлення ЕП особливої категорії надійності

2.6 Розрахунок цехових електричних мереж

2.6.1 Вибір перетину провідників

Згідно з ПУЕ перерізи проводів, кабелів і шинопроводів у мережах напругою до 1000 В вибираються за нагрівом струмом розрахункового режиму із співвідношення [2]:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{\text{доп}}, \quad (41)$$

де k_1 — коефіцієнт, який враховує кількість паралельно прокладених ліній.

k_2 — температурний коефіцієнт

k_3 — коефіцієнт, який враховує характер струму навантаження.

$I_{\text{доп}}$ — допустимий струм для прийнятого провідника.

Вибраний переріз провідників перевіряється за умовами захисту від струмів КЗ і перевантаження (для вибухонебезпечних приміщень), а також за допустимою втратою напруги у робочому і після аварійному режимах та при пуску (проходженні по лінії пікового струму).

2.6.2 Вибір запобіжників

При захисті ліній запобіжниками узгодження тривало допустимих струмів провідників з номінальним струмом плавких вставок здійснюється наступним чином:

Номінальний струм плавкої вставки для безінерційних запобіжників (ПР-2, НПН, ПН-2) повинен задовольняти умовам:

$$I_{\text{ном вст}} \geq I_p \quad (42)$$

$$I_{\text{ном вст}} \geq \frac{I_{\text{пік}}}{k}, \quad (43)$$

де $k = 2,5$ – при невеликій частоті вмикань лінії і нормальній тривалості пуску (до 5 с) і $k = 1,6 - 2,0$ при великій частоті вмикань і тривалому розгоні двигунів (наприклад на кранах).

Остаточно приймається плавка вставка, номінальний струм якої відповідає обом умовам.

При захисті мереж запобіжниками переріз провідників узгоджується з номінальним струмом плавкої вставки запобіжника, що захищає дану ділянку, згідно з умовою:

$$k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ном вст}}}{\alpha}, \quad (44)$$

де α – коефіцієнт відповідності (узгодження), залежний від умов прокладання і нагляду за мережею: для промислових мереж $\alpha = 3$, для всіх освітлювальних мереж і мереж у вибухо- і пожежебезпечних приміщень $\alpha = 0,8$.

Переріз провідника визначається за найбільшим із струмів, знайдених з виразів (41) та (44).

2.6.3 Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі (АВ) призначені для автоматичного відключення електричних кіл при коротких замиканнях або ненормальних режимах роботи (перевантаження, зникнення або зниження напруги), а також нечастого включення і виключення струмів навантаження. Відключення вимикача при перевантаженнях і струмах короткого замикання виконується вбудованим у вимикач автоматичним пристроєм, який називається максимальним розчеплювачем струму (скорочене розчеплювач) [8].

Розрізняють неструмообмежувальні і струмообмежувальні вимикачі.

Номінальним струмом $I_{\text{ном.в.}}$ і напругою вимикача $U_{\text{ном.в.}}$ називають значення струму і напруги, які здатні витримувати головні струмоведучі частини вимикача в тривалому режимі. Номінальний струм розчеплювача $I_{\text{ном.розч}}$ може відрізнятися від номінального струму вимикача, оскільки у вимикач можуть бути вбудовані розчеплювачі з меншим номінальним струмом.

Вибір автоматичних вимикачів виконують за умовами роботи в нормальному режимі і умовами стійкості при коротких замиканнях. За

номінальними параметрами АВ повинен відповідати умовам експлуатації, тобто:

$$U_{ном.авт} \geq U_{ном.мер}, \quad (45)$$

де $U_{ном.авт}$ – номінальна напруга АВ;

$U_{ном.мер}$ – номінальна напруга мережі;

$$I_{ном.авт} \geq I_p, \quad (46)$$

де $I_{ном.авт}$ – номінальний струм АВ,

I_p – максимальний робочий струм в тривалому режимі окремого або групи ЕП.

Щоб АВ міг реалізувати необхідну захисну характеристику він комплектується відповідними розчеплювачами. Існують теплові, електромагнітні, комбіновані, напівпровідникові та інші розчеплювачі. Далі виконується вибір уставок АВ залежно від виду захисту і вибраного розчеплювача.

При захисті від перевантаження:

$$I_{ном.розч.} \geq 1,25 \cdot I_p \quad (47)$$

При захисті від струмів КЗ (струмова відсічка):

$$I_{с.в} \geq 1,25 \cdot i_{нік} \text{ або } I_{с.в} \geq 1,25 \cdot i_{пуск} \quad (48)$$

де $i_{нік}$, $i_{пуск}$ – значення відповідного пікового струму групи ЕП та пускового струму окремого ЕП, А.

Час спрацьовування відсічки визначається за формулою:

$$t_{с.вi+1} \geq t_{с.вi} + \Delta t, \quad (49)$$

де i – рівень розподілу електроенергії;

$t_{с.вi}$ – витримка часу спрацьовування відсічки автоматичного вимикача на i -му рівні розподілу електроенергії, с;

Δt – витримка часу між послідовно включеними АВ, с, ($\Delta t = 0,1 \dots 0,2$ с).

Час спрацьовування захисту від перевантаження приймається з умови неспрацьовування захисту при пуску або самозапуску електродвигуна:

$$t_{с.н} \geq (1,5 \dots 2) t_{пуск}, \quad (50)$$

де $t_{с.н}$ – час спрацьовування захисту при струмі, рівному пусковому;

$t_{пуск}$ – тривалість пуску або самозапуску.

Для вибору захисної характеристики АВ необхідно знати рівень розподілу електроенергії та місце знаходження АВ в СЕП, режими роботи електроприймача (групи ЕП), вимоги до захисту: час спрацьовування захисту при перевантаженнях; час спрацьовування при струмах КЗ.

Звичайно мережі напругою до 1 кВ рекомендується проектувати з двома-трьома рівнями розподілу електроенергії (перший рівень – відгалуження до споживача; другий рівень – силовий пункт або розподільний шинопровід; третій рівень – магістральний шинопровід від силового трансформатора).

На першому рівні розподілу електроенергії (окремі ЕП) для ЕП, при роботі яких відсутні перевантаження, доцільно застосовувати незалежну від струму характеристику часу спрацьовування, а для ЕП із змінним режимом роботи можливе застосування залежної від струму або обмежено залежної від

струму двоступеневої характеристики часу спрацьовування захисту автоматичного вимикача.

На другому і третьому рівні розподілу електроенергії найбільш доцільно застосовувати триступеневу або обмежено залежну від струму двоступеневу характеристику часу спрацьовування захисту автоматичного вимикача.

Вибір часу спрацьовування струмових і миттєвих відсічок повинен виконуватися за принципом, що час спрацьовування на більш низькому рівні повинен бути меншим, ніж на подальших рівнях.

Технічні дані та захисні характеристики АВ приведені у додатку В.

2.6.4 Вибір тролейних ліній

Переріз і конструкцію (тип) тролейних ліній [3], а також підживлювальних провідників вибирають за розрахунковим струмом навантаження I_p і перевіряють на допустиму втрату напруги за піковим струмом [3]. Залежно від точок підведення живлення до тролейної лінії (рис. 6) розрахункові і пікові струми визначаються окремо для постачальної лінії і для кожного з плечей тролейної лінії.

Допустима втрата напруги (проте нормуються відхилення напруги) на окремих ділянках мереж кранів змінного струму приймається для постачальної лінії – 5%, тролейної – 10%.

Розрахунок тролейних ліній на втрату напруги повинен виконуватися при найнесприятливішому, але реальному розташуванні кранів у прольотах.

На практиці втрату напруги в тролєях визначають як

$$\Delta U = k_{\Delta U} I l_{\text{нік}}, \quad (51)$$

де $k_{\Delta U}$ – питомі (на одиницю довжини і струму) втрати напруги;

l – довжина тролей в один кінець від точки прикладення живлення. Значення коефіцієнта $k_{\Delta U}$ наведені у довідковій літературі [4] залежно від профілю (смуга, кут, швелер) провідника тролей, коефіцієнта потужності і номінальної напруги.

При розрахунку втрати напруги в тролєях змінного струму з підживленням ураховують тільки втрату напруги в підживлювальних алюмінієвих шинах, яка визначається за формулою, %:

$$\Delta U_{\text{ш}} = \frac{\sqrt{3} I_{\text{нік}} \rho l}{s U_{\text{ном}}} 100, \quad (52)$$

де ρ – питомий електричний опір, Ом·м/мм²;

l – довжина тролей в один кінець, відрховуючи від точки живлення, м;

s – переріз підживлювальної шини, мм²;

$U_{\text{ном}}$ – напруга живлення, В.

Найбільш вигідною є точка підведення живлення, при якій довжина постачальної лінії буде якнайменшою, а втрата напруги не перевищуватиме допустимого значення.

Комутаційні апарати для відключення тролейних ліній вибирають без захисту, якщо є захист на початку постачальної лінії, або із захистом

(автоматичний вимикач або рубильник із запобіжником) у разі живлення тролейної лінії від магістралі.

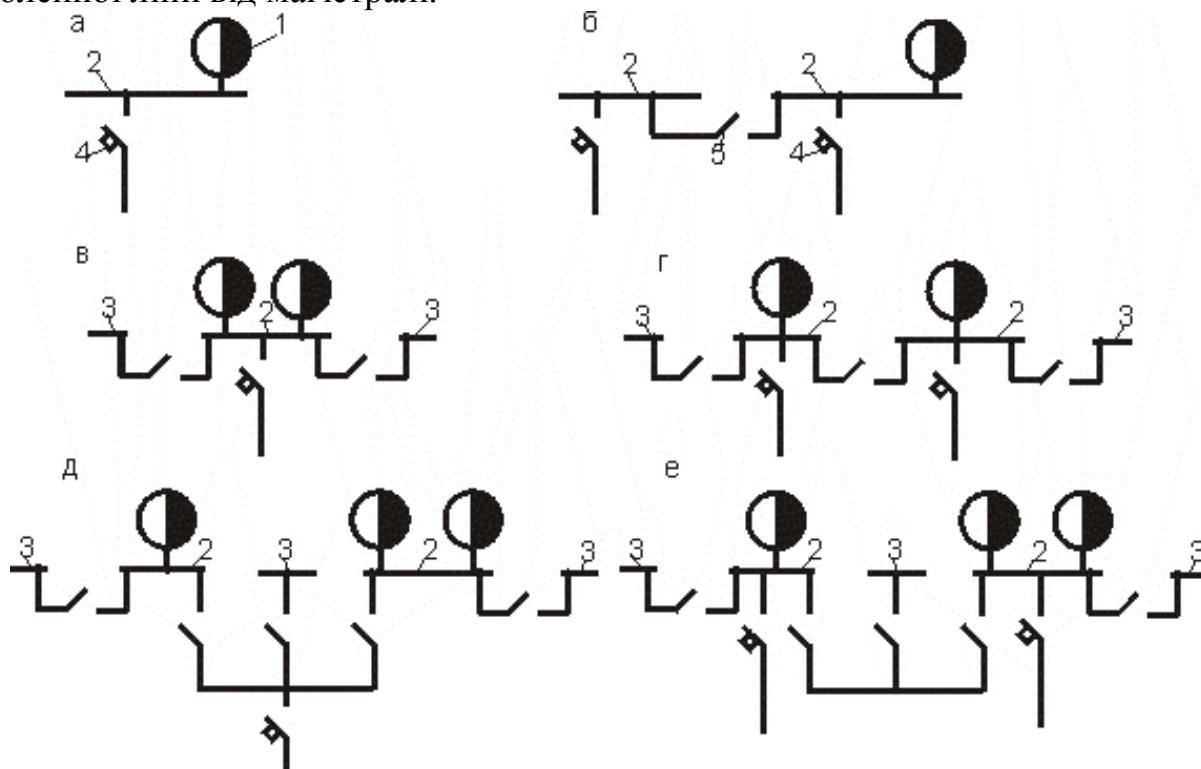


Рис. 6. Схеми живлення кранів тролей:

а, в, д – відповідно для одного, двох і трьох кранів з живленням в одній точці; б, г, е – те ж, але при живленні в двох точках; 1- кран; 2 – робоча ділянка тролей; 3 – ремонтна ділянка тролей; 4 – ввідний автоматичний вимикач; 5 – рубильник або автоматичний вимикач без розчеплювача ремонтної ділянки (або секційний)

2.7 Розрахунок струмів КЗ та перевірка селективності роботи захисту в електричних мережах напругою до 1000 В

2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в установках напругою до 1 кВ

Мережі промислових підприємств напругою до 1 кВ характеризуються великою протяжністю і наявністю великої кількості комутаційно-захисної апаратури. При напрузі 1 кВ навіть невеликий опір може спричинити суттєвий вплив на струм короткого замикання. Через це у розрахунках враховують всі опори коротко замкнутого ланцюга, як індуктивні, так і активні. Крім того, враховують активні опори всіх перехідних контактів цього ланцюга (на шинах, на вводах та виводах апаратів, роз'ємні контакти апаратів та контакт в місці КЗ). При відсутності достовірних даних про контакти і їх перехідні опори рекомендується при розрахунках струмів КЗ в мережах, які живляться від трансформаторів потужністю до 16000 кВ·А, враховувати їх опір наступним чином: 0,015 Ом – для розподільчих пристроїв на станціях і підстанціях; 0,02 Ом – для первісних цехових РП, а також на затискачах апаратів, що живляться

від радіальних мереж від щитів підстанції або головних магістралей; 0,025 Ом – для вторинних цехових РП, а також на затискачах апаратів, що живляться від первинних РП; 0,03 Ом – для апаратури, встановленої безпосередньо у приймачів електроенергії, що отримують живлення від вторинних РП.

Розрахунок струмів КЗ на напругу до 1 кВ виконують в іменованих одиницях. Опори елементів системи електропостачання вищої напруги приводять до нижчої напруги за формулою:

$$x_H = x_B \cdot \left(\frac{U_{ном.H}}{U_{ном.B}} \right)^2, \quad (53)$$

де x_B - опір елемента системи електропостачання вищої напруги; x_H - опір елемента системи електропостачання вищої напруги, приведений до нижчої напруги; $U_{ном.B}$, $U_{ном.H}$ - відповідно номінальні напруги вищої і нижчої ступені.

Якщо припускається розвиток енергосистеми і прагнуть, щоб усі вибрані апарати при цьому відповідали своєму призначенню, розрахунок струмів КЗ виконують без врахування опору системи до цехового трансформатора.

Розрахункові точки КЗ обирають на початку відхідних ліній безпосередньо за комутаційним апаратом. Приклад розрахунку струмів КЗ на ділянці цеху приведений у [2].

2.7.2 Селективність роботи захисту

Кількість ступеней захисту в мережах напругою до 1 кВ повинна бути не більше трьох:

- відгалуження до споживача електроенергії;
- лінія до силового пункту або розподільного шинопроводу (ШРА);
- головна магістраль від силового трансформатора (ШМА).

При виборі уставок захисних апаратів для забезпечення селективності необхідно виконувати такі умови:

1. Уставки струму розчеплювачів сповільненої або миттєвої дії у вимикача, розташованого ближче до джерела живлення, повинні бути в 1,5 раза більшими, ніж у віддаленішого вимикача;

$$\frac{I_{cn(i+1)}}{I_{cni}} \geq 1,5 \quad \frac{I_{ce(i+1)}}{I_{cei}} \geq 1,5 \quad (54)$$

2. Мінімальний струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці повинен бути більше номінального струму розчеплювача сповільненого спрацьовування не менше ніж у 3 рази;

$$\frac{I_{Ki}^{(1)}}{I_{cni}} \geq 3 \quad (55)$$

3. Мінімальний струм однофазного КЗ у найбільш віддаленій точці повинен бути більше номінального струму розчеплювача миттєвої дії не менше ніж у 1,4 рази (при $I_{ном розч} \leq 100 A$) або у 1,25 (при $I_{ном розч} > 100 A$) рази;

$$\frac{I_{Ki}^{(1)}}{I_{cei}} \geq 1,4 \text{ або } (1,25) \quad (56)$$

Для перевірки селективності захисту в установках напругою до 1 кВ будується **карта селективності захисту**. Карта селективності захисту є зіставленням на одному графіку робочих, захисних і аварійних характеристик елементів послідовно розташованих на всіх рівнях розподілу електроенергії.

Селективність захисту забезпечується в тому разі, якщо захисні характеристики послідовно включених автоматичних вимикачів, які побудовані з урахуванням розкиду за струмом і часом спрацьовування, не перетинаються.

Для побудови карти селективності захисту заздалегідь визначають:

- рівні розподілу електроенергії, що розглядаються, складається схема;
- розрахункові, пікові і струми короткого замикання в необхідних елементах і точках;

- обирають автоматичні вимикачі і їх захисні характеристики.

Особливості побудови карти.

Побудова робочої характеристики одного (групи) ЕП.

Для цього необхідно знати:

- максимальний (номінальний) струм I_p , ($I_{ном}$);
- пусковий (піковий) струм $i_{пуск}$ ($i_{пik}$);
- час пуску (піку) електроприймача $t_{пуск}$ ($t_{пik}$).

Побудова захисної характеристики АВ.

Перед початком побудови необхідно мати наступну інформацію: тип автоматичного вимикача; вид захисної характеристики; струм розчеплювача ($I_{розч.}$); час відключення автомата при перевантаженні ($t_{від.}$); струм спрацьовування відсічки ($I_{с.в.}$); час спрацьовування відсічки ($t_{с.в.}$); струм спрацьовування миттєвого захисту ($I_{с.мит.}$); час спрацьовування миттєвого захисту ($t_{с.мит.}$).

Побудова виконується таким чином: відкладають тонкі вертикальні прямі відповідні значенням струму розчеплювача, струму спрацьовування відсічки, струму спрацьовування миттєвого захисту; відкладають тонкі горизонтальні прямі відповідні часу відключення при перевантаженнях, спрацьовування відсічки, спрацьовування миттєвого захисту.

Будують криву захисту при перевантаженнях між вертикальними прямими, які відповідають значенням струму розчеплювача і струму спрацьовування відсічки. Після чого наводять характеристику.

Побудова аварійних характеристик.

Для побудови потрібні значення струмів трифазного і однофазного КЗ

Побудова даної характеристики полягає в проведенні вертикальних прямих відповідних значенням струмів трифазного і однофазного КЗ.

Всі вище наведені побудови виконуються на одному графіку, внаслідок чого отримуємо карту селективності захисту.

Нижче наведений приклад карти селективності захисту для трьохрівневої мережі розподілу електроенергії (рис. 7).

На рис. 7 видно, що селективність захисту забезпечується, оскільки захисні характеристики послідовно включених АВ, побудовані з урахуванням розкиду за струмом і часом спрацьовування, не перетинаються.

Карта селективності будується в логарифмічному масштабі: на осі абсцис відкладаються струми – розрахункові, пікові і КЗ, на осі ординат – розрахований час спрацьовування захисних елементів, тривалість пуску і т.д.

У розподільних мережах до 1 кВ система захисту може містити від однієї до трьох ступеней.

Послідовність побудови карти селективності:

- 1) на осі абсцис відкладається номінальний струм споживача;
- 2) будується графік пускового струму споживача у вигляді прямокутника;
- 3) на осі абсцис відкладається максимальне значення струму групи споживачів у вузлі навантаження;
- 4) будується графік пікового струму ЕП, які приєднані до вузла навантаження, у вигляді прямокутника;
- 5) відкладаються струми КЗ в характерних точках К1, К2 і К3;
- 6) наносяться захисні характеристики автоматичних вимикачів або запобіжників.

Для забезпечення селективності дії послідовно встановлених автоматичних вимикачів їх захисні характеристики на карті селективності не повинні перетинатися. При порушенні цієї умови частіше за все необхідно збільшити струми плавких вставок або уставок автоматів, рідше – змінити перерізи провідників, як більш витратний спосіб.

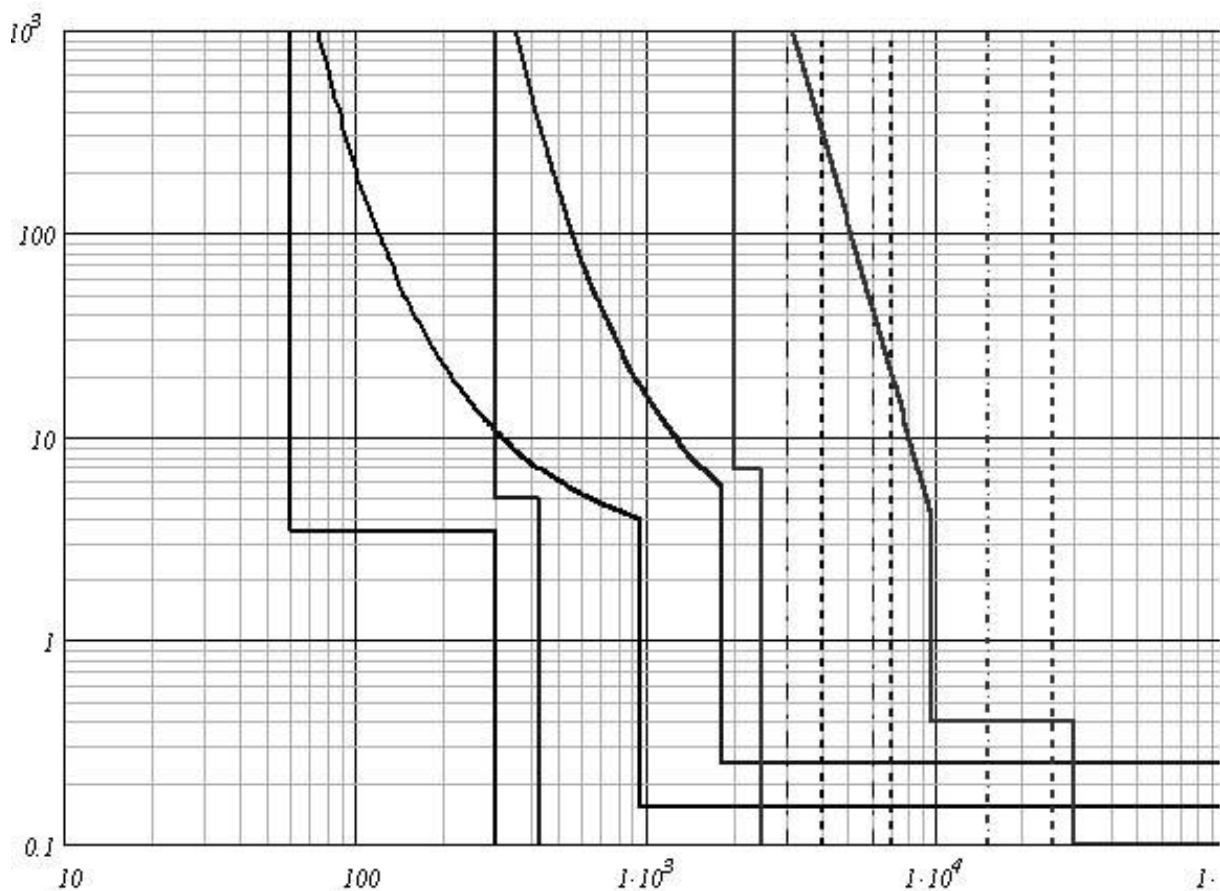


Рис. 7. Карта селективності захисту

2.8 Визначення втрат електричної енергії

2.8.1 Розрахунок втрат потужності в елементах зовнішнього електропостачання

Електричний стан будь-якої точки мережі визначається значеннями потужності (струму), напруги. Ці величини та втрати потужності, напруги називаються режимними. Тому розрахунки з визначення вказаних величин носять назву розрахунків режиму мережі (в деяких випадках – електричні розрахунки). Основна мета цих розрахунків - визначення параметрів, що характеризують умови, в яких працюватиме (або працює) обладнання мережі та її споживачі електричної енергії. Результати розрахунків є даними для оцінки якості електричної енергії, визначення допустимості розглянутих режимів з погляду роботи обладнання мережі, а також виявлення оптимальних умов її роботи та отримання електричної енергії споживачами.

Розрахунки режиму виконуються з використанням першого закону Кірхгофа та закону Ома, в деяких випадках - рівняння вузлових напруг (вузлових потенціалів) [14].

При розрахунках ustalених режимів найбільш розповсюджений варіант вихідних умов, коли відомі потужність (струм) споживача $\dot{s}_b(\dot{i}_b)$ та напруга $\dot{U}_b$ в точці b (рис. 8).

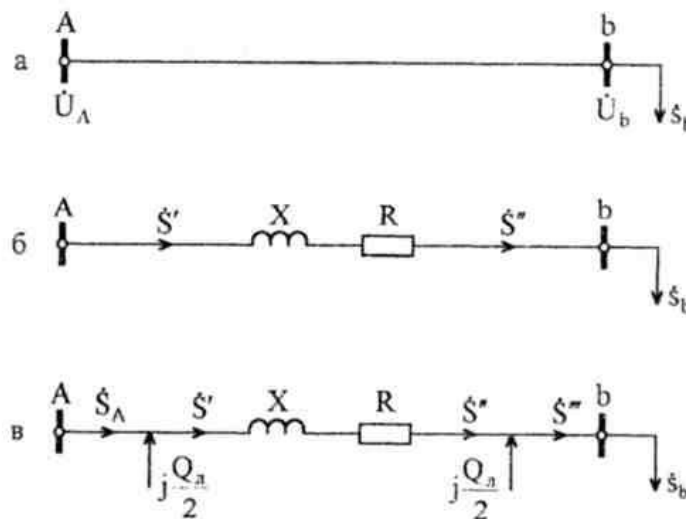


Рис. 8. Розрахункова схема заміщення ЛЕП

Розрахунки режиму в точці А будемо проводити у наступній послідовності:

- Визначаємо втрати активної та реактивної потужності:

$$\Delta P_b = 3I^2 R; \quad \Delta Q_b = 3I^2 X \quad (57)$$

- Для схеми заміщення місцевої мережі (рис. 8,б) маємо наступні співвідношення:

$$\dot{s}_b = \dot{S}_b; \quad P'' = p_b; \quad Q'' = q_b; \quad S'' = P'' + jQ'', \quad (58)$$

де $\dot{s}_b$ – потужність приймача.

- Після перетворень маємо наступні вирази:

$$\Delta P_b = \left[\frac{(P'')^2 + (Q'')^2}{U_b^2} \right] \cdot R = \left(\frac{S''}{U_b} \right) \cdot R, \quad (59)$$

$$\Delta Q_b = \left[\frac{(P'')^2 + (Q'')^2}{U_b^2} \right] \cdot X = \left(\frac{S''}{U_b} \right) \cdot X \quad (60)$$

– Значення потужності в точці А:

$$\dot{S}' = \dot{S}'' + \Delta \dot{S}, \quad \Delta \dot{S} = \Delta P_b + j \Delta Q_b \quad (61)$$

Для лінії районної мережі розрахунки виконують за значеннями потужностей, які враховують зарядну потужність лінії (рис.8,в):

$$\dot{S}''' = \dot{S}_b, \quad \dot{S}''' = P''' + jQ''' \quad (62)$$

$$P'' = P''', \quad Q'' = Q''' - j \frac{Q_{\epsilon}}{2}, \quad \dot{S}'' = P'' + jQ'', \quad (63)$$

$$\dot{S}' = \dot{S}'' + \Delta \dot{S}_b, \quad \dot{S}_A = \dot{S}'' - j \frac{Q_{\epsilon}}{2}. \quad (64)$$

2.8.2 Розрахунок втрат енергії

Втрати енергії визначають перемноженням втрат потужності й часу, протягом якого ці втрати спостерігалися. Але точність отриманих результатів буде задовільною лише тоді, коли протягом цього часу втрати потужності були постійними [14]. Цій вимозі відповідають втрати потужності в магніто проводі трансформатора:

$$\Delta A = \Delta P_{cm} \cdot T_p; \quad (65)$$

де T_p - час роботи трансформаторів протягом року.

Усі розрахунки втрат енергії виконують для одного року роботи мережі $T_p = 8760$ год.

При змінному характері навантаження використовують кілька методів розрахунку втрат енергії. Найбільша точність у **метода графічного інтегрування**. За цим методом реальний графік перетворюють у впорядкований графік і для кожного ступеня навантаження цього графіка розраховують втрати енергії:

$$\Delta A_p = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i^2 t_i + \sum_{i=1}^m Q_i^2 t'_i \right) \cdot R}{U_{\text{ном}}^2} \quad (66)$$

де P_i та Q_i - значення активної та реактивної потужностей / - го ступеня графіків впорядкованих діаграм;

t_i та t'_i - тривалість ступеней відповідних потужностей. При використанні цього метода потрібні графіки навантаження активних та реактивних потужностей за відповідний інтервал часу (здебільшого рік). Для діючих мереж цей метод вимагає значних витрат часу на збір інформації, а на стадії проектування його взагалі неможливо застосовувати.

Метод найбільших втрат

У більшості випадків користуються співвідношенням [14]:

$$\Delta A_p = \Delta P_{нб} \cdot \tau_{нб}, \quad (67)$$

$$\Delta P_{нб} = \left(\frac{S_{нб}}{U_{ном}} \right)^2 \cdot R, \quad (68)$$

де $\tau_{нб} = \left(0,124 + \frac{T_{нб}}{10^4} \right)^2 \cdot 8760$ - тривалість (час) найбільших втрат;

$T_{нб}$ - тривалість використання найбільшої активної потужності;

$S_{нб}$ - найбільша потужність, що відповідає 30-хвилинному максимуму навантаження мережі.

Метод найбільших втрат не вимагає значного обсягу вихідних даних для розрахунків, але має меншу точність.

Метод середніх навантажень

$$\Delta A_p = \frac{A_p^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) K_\phi^2 R}{24 \cdot D \cdot U_{ном}^2}, \quad (69)$$

де D - кількість днів, за які визначають втрати енергії, якщо розрахунки виконують за рік, то $D = 365$;

A_p^2 - кількість енергії, яку передано по мережі за ці дні;

$\operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності; K_ϕ - коефіцієнт форми графіка.

Простота та доступність отримання вихідної інформації роблять цей метод привабливим, але точність отриманих результатів недостатня.

Для розрахунків втрат реактивної енергії необхідно знати час найбільших втрат реактивної енергії $\tau_{нб(Q)}$. Його розраховують за подібними виразами, що і для визначення часу найбільших втрат активної енергії [14].

Підготовлений дипломний проект (робота) має бути публічно захищений на засіданні Державної екзаменаційної комісії (ДЕК). На засідання ДЕК направляються лише ті КР які мають відгук керівника та рецензію. Допуск до захисту надає завідувач кафедри систем електропостачання (СЕП).

Процедура захисту дипломного проекту (роботи) відбувається перед аудиторією на засіданні ДЕК і досить чітко регламентована. Студенту для доповіді надається до 10 хвилин, протягом яких він повинен ознайомити членів ДЕК і слухачів з результатами роботи. Після закінчення доповіді члени ДЕК задають студенту питання щодо обговорюваної теми, на які він має дати відповіді. Доповідь слід ретельно готувати та проголошувати за наступними принципами і в такій послідовності. Спочатку проголошується тема роботи та об'єкт, до якого вона має відношення. Потім коротко викладається актуальність теми, мета та завдання для її досягнення. Далі доповідач викладає формулювання окремих задач, аргументацію з вибору методів їх вирішення та дані про кількісні та якісні результати. Закінчується доповідь поданням загальних висновків. На завершення виступу доцільно подякувати присутнім за увагу, а керівникові, колегам і рецензентів за допомогу та корисні зауваження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Волобринский С.Д., Каялов Г.М., Клейн П.Н., Мешель Б.С. Электрические нагрузки промышленных предприятий. – Л.: Энергия, 1971. – 264 с.
2. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.
3. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1973. – 584 с.
4. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. – 456 с.
5. Ермилов А.А. Основы электроснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
6. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 640 с.
7. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет / А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович, В.И. Мозырский, Д.И. Розинский. – к.: Техніка, 1985. – 279 с.
8. Беляев А.В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 176 с.
9. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общ. ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 1160 с.
10. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет / А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович, В.И. Мозырский, Д.И. Розинский. – К.: Техніка, 1985. – 279 с.
11. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1979. – 408 с.
12. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2005. – 324 с.
13. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник. – Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656 с.
14. Електричні мережі систем електропостачання: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, Г.А. Кігель, Н.С. Волотковська, Л.П. Ворохов, О.Б. Іванов: За ред. Академіка НАН України Г.Г. Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 316 с.
15. Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных установок: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 424 с.

ДОДАТОК А

Коефіцієнти графіків електричних навантажень Машинобудівна та електротехнічна промисловість

Найменування груп приймачів електроенергії	Коефіцієнти			
	Використання Кв	Потужності cosφ	Попиту Кп	Увімкнення Кв
Металорізальні станки дрібносерійного виробництва з нормальним режимом роботи: дрібні, токарні, строгальні, карусельні, точильні і т.п.	0.12	0.4	0.14	0.56
Те ж саме при крупносерійному виробництві	0.16	0.5	0.2	0.57
Те ж саме при важкому режимі роботи: штамповні преси, автомати, revolverні, облучувальні, зубофрезерні, а також крупні токарні, строгальні, фрезерні, карусельні та розточні станки	0.17	0.65	0.25	-
Те ж саме з особливо важким режимом роботи: приводи молотів, очищувальних барабанів, бігунів та ін.	0.2	0.65	0.35	-
Багатопідшипникові автомати для виробництва деталей з продуктів	0.2	0.5	0.23	0.88
Елеватори, транспортери, шнеки, конвеєри незблоковані	0.4	0.75	0.5	-
Те ж саме зблоковані	0.55	0.75	0.65	-
Крани-гельфери при ПВ=25%	0.05	0.5	0.1	-
Те ж саме при ПВ=40%	0.1	0.5	0.2	-
Сварочні трансформатори для ручного зварювання	0.3	0.35	0.35	-
Зварювальні машини шовні	0.25	0.7	0.35	-
Те ж саме стиковочні та точкові	0.35	0.6	0.6	-
Зварювальні трансформатори для автоматичної та напівавтоматичного зварювання	0.35	0.5	0.5	-
Печі опору з безперервним (автоматичним) завантаженням	0.7	0.95	0.8	0.85
Сушильні шафи	0.5	0.85	0.6	0.6
Те ж саме з періодичним завантаженням	0.6	1.0	0.7	0.6
Дрібні нагрівальні прилади	0.7	0.35	0.8	-
Індукційні печі низької частоти	0.7	0.8	0.8	-
Лампові генератори індукційних печей високої частоти	0.7	0.65	0.8	-
Дугові сталеплавильні печі ємністю від 3 до 10 т з автоматичним регулюванням електродів:	0.75	0.9	0.8	0.85
-для якісних сталей без механізованого завантаження	0.6	0.87	0.65	0.7
-для фасонного лиття з механізованим завантаженням	0.75	0.9	0.8	0.85
-для фасонного лиття без механізованого завантаження	0.65	0.87	0.7	0.75
Дугові сталеплавильні печі ємністю від 0.5 до 1.5 т для фасонного лиття (в підсобних цехах з автоматизованим регулюванням електродів)	0.5	0.8	0.55	0.6
Дугові печі кольорового металу (мідні сплави) ємністю від 0.25 до 0.5 т з ручним регулюванням електродів	0.7	0.75	0.78	0.7
Насоси, компресори, двигун -генератори	0.7	0.8	0.75	-
Вентилятори, екстаустри, вентиляційне обладнання	0.65	0.8	0.7	-

ДОДАТОК Б

Криві визначення додаткової кількості трансформаторів

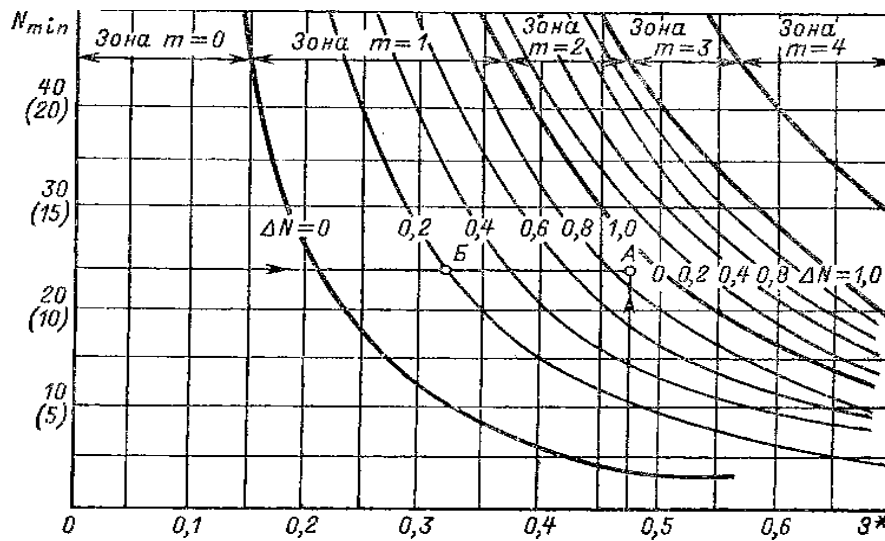


Рис. Б.1. Криві визначення додаткової кількості трансформаторів по фактичним Z^* при $K_3 = 0,7 \div 0,8$ (значення N_{min} в дужках для $K_3 = 0,9 \div 1$)

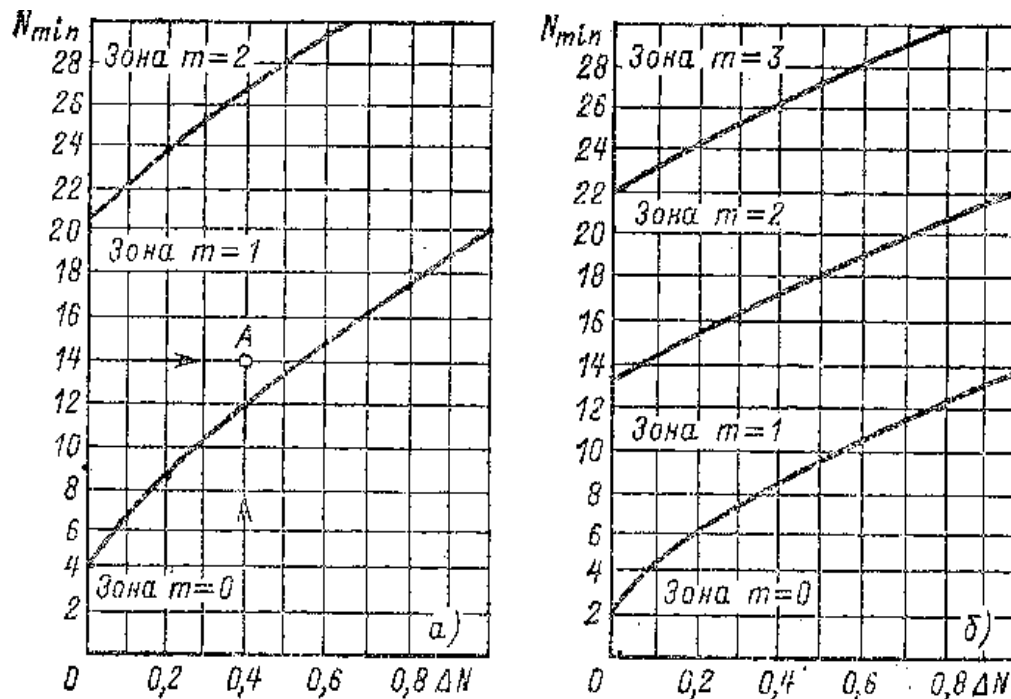


Рис. Б.2. Зони для визначення додаткової кількості трансформаторів:
а) — $K_3 = 0,7 \div 0,8$; б) — $K_3 = 0,9 \div 1$

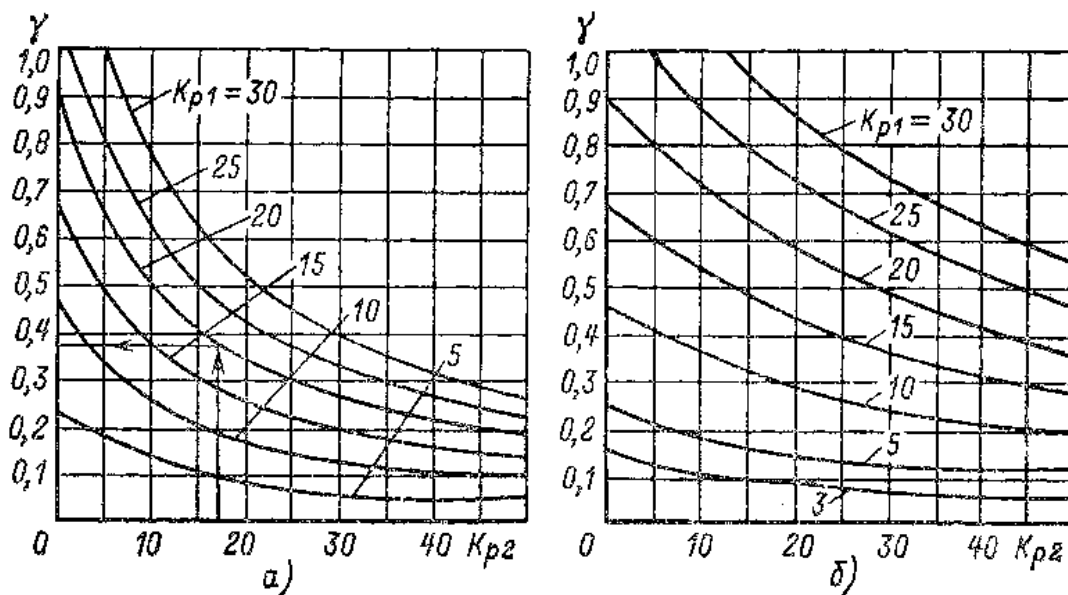


Рис. Б3. Криві для визначення коефіцієнта γ для радіальної схеми живлення трансформаторів напругою 6 (а) і 10 кВ (б)

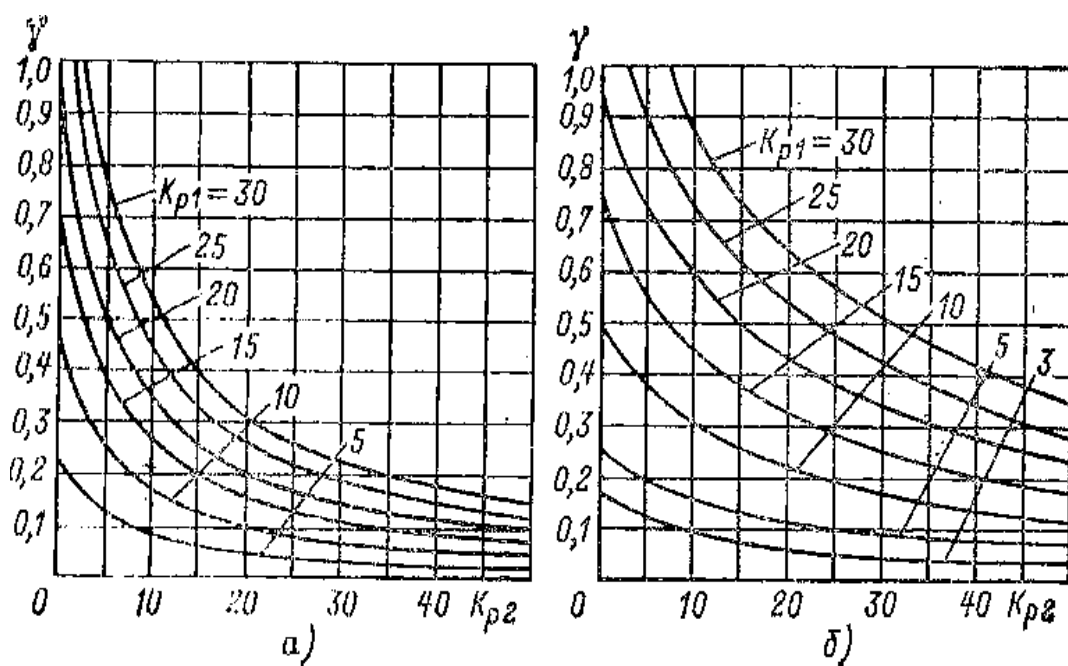


Рис. Б4. Криві визначення коефіцієнта γ для магістральної схеми живлення трансформаторів при напрузі мережі 6 (а) та 10 кВ (б)

ДОДАТОК В

Технічні характеристики автоматичних вимикачів

Наименование	ВА88-32	ВА88-33	ВА88-35	ВА88-35	ВА88-37	ВА88-37	ВА88-40	ВА88-40	ВА88-43
Максимальный номинальный ток (базовый габарит) I_{nm} , А	125	160	250	250	400	400	800	800	1600
Номинальный ток (уставка теплового расцепителя), I_n , А	12,5, 16, 25, 32, 40	50, 63, 80, 100, 125	16, 25, 32, 40	63, 80, 100, 125, 160	63*,80*, 100*,125, 160,200, 250	250	250, 315, 400	400	400, 500, 630, 800
Уставка электромагнитного расцепителя), I_m , А	500	$10I_n$	500	$10I_n$	$10I_n$	регулir. (2÷12) I_n	$10I_n$	регулir. (2÷12) I_n	$10I_n$
Расцепитель сверхтоков	тепловой и электромагнитный	тепловой и электромагнитный	тепловой и электромагнитный	электронный	тепловой и электромагнитн.	электронный	тепловой и электромагнитны	электронный	электронный
Номинальная рабочая наибольшая отключающая способность I_{cs} , кА	12,5	17,5	25	25	35	35	35	35	50
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu} , при 220 В, кА	25	35	35	35	35	35	35	35	50
Номинальная предельная наибольшая отключающая способность I_{cu} , при 690 В, кА	4	6	14	14	18	18	20	20	20
Механическая износостойкость циклов В-О, не менее	8500	7000	7000	7000	4000	4000	4000	4000	25000
Электрическая износостойкость циклов В-О, не менее	2500	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1500
Климатическое исполнение	УХЛЗ	УХЛЗ	УХЛЗ	УХЛЗ.1	УХЛЗ	УХЛЗ.1	УХЛЗ	УХЛЗ.1	УХЛЗ.1
Масса, кг	0,92	1,2	4,1	4,1	5,1	5,1	9,6	9,6	17,2
Срок службы, не менее, год	15	15	15	15	15	15	15	15	15

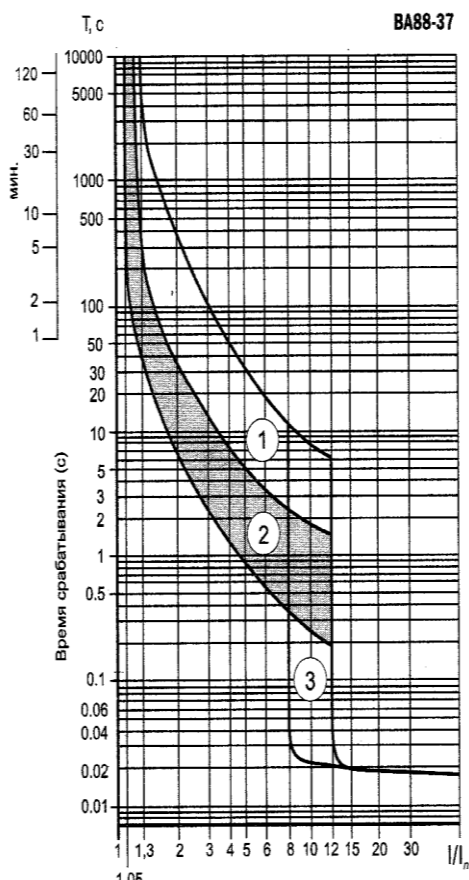
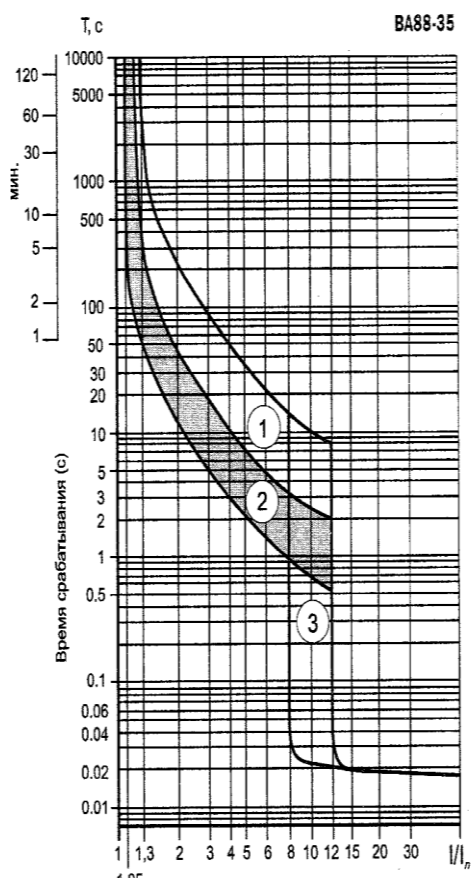
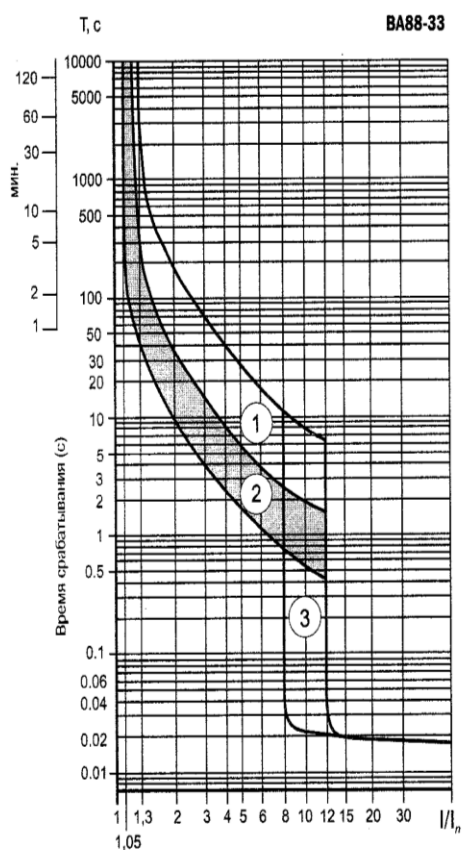
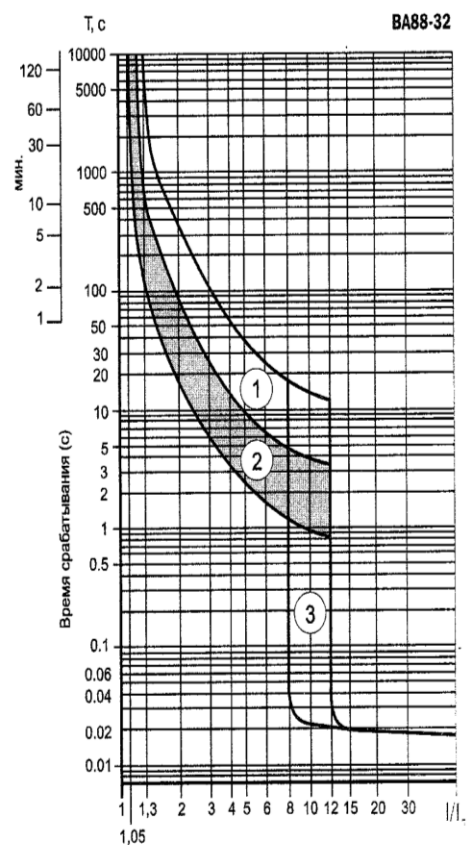
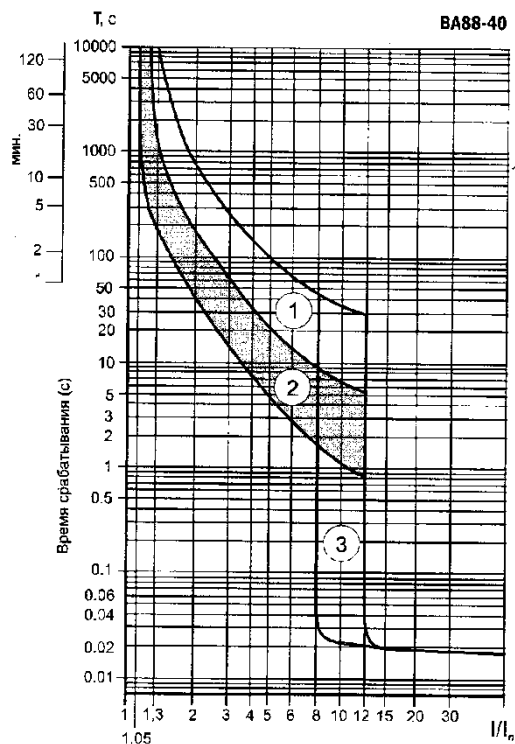


Рис. В1. Часострумові характеристики спрацювання вимикачів ВА88 з тепловим та електромагнітним розчеплювачами



- 1 – времятоковая характеристика теплового расцепителя с холодного состояния;
- 2 – времятоковая характеристика теплового расцепителя с нагретого состояния;
- 3 – зона срабатывания электромагнитного расцепителя сверхтока.

Рис. В2. Часострумові характеристики спрацювання вимикачів ВА88 з тепловим та електромагнітним розчеплювачами (продовження)

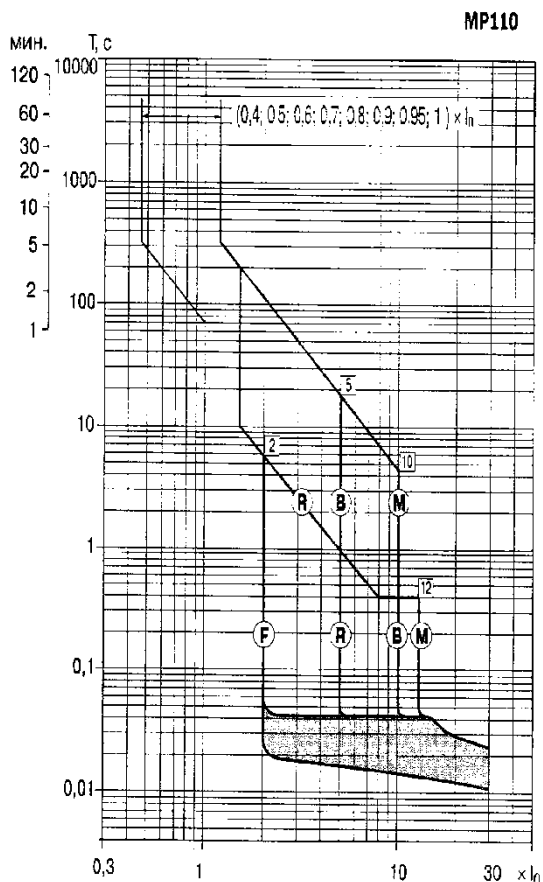
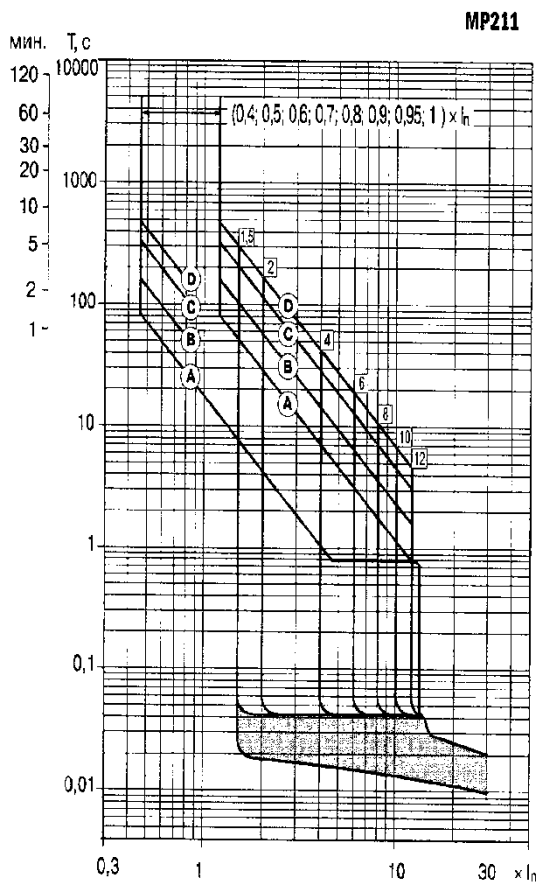


Рис. В3. Часострумові характеристики спрацювання вимикачів ВА88 з електронним розчеплювачем

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Методичні рекомендації та вимоги щодо складу та оформлення кваліфікаційної роботи.....	4
1.1 Складові дипломного проекту.....	4
1.2 Структура та правила оформлення дипломного проекту.....	4
1.3 Рекомендовані спеціальні питання для поглибленого аналізу.....	6
2. Методичні рекомендації щодо виконання дипломного проекту....	7
2.1 Принципи проектування систем електропостачання підприємства.....	7
2.2 Розрахунок електричних навантажень.....	8
2.2.1 Метод коефіцієнта попиту.....	9
2.2.2 Метод впорядкованих діаграм.....	10
2.2.3 Визначення розрахункової потужності однофазних електроприймачів.....	12
2.2.4 Визначення пікових навантажень.....	14
2.3 Визначення числа та потужності цехових трансформаторів.....	14
2.4 Компенсація реактивної потужності	16
2.5 Вибір структури, напруги та конструктивного виконання обладнання цехових систем електропостачання.....	18
2.6 Розрахунок цехових електричних мереж.....	21
2.6.1 Вибір перетину провідників.....	21
2.6.2 Вибір запобіжників.....	22
2.6.3 Вибір автоматичних вимикачів.....	22
2.6.4 Вибір тролейних ліній.....	24
2.7 Розрахунок струмів КЗ та перевірка селективності роботи захисту в електричних мережах напругою до 1000 В.....	25
2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в установках напругою до 1 кВ.....	25
2.7.2 Селективність роботи захисту.....	26
2.8 Визначення втрат електричної енергії.....	29
2.8.1 Розрахунок втрат потужності в елементах зовнішнього електропостачання.....	29
2.8.2 Розрахунок втрат енергії.....	30
Список літератури.....	32
Додаток А.....	33
Додаток Б.....	34
Додаток В.....	36

Жежеленко Ігор Володимирович
Папаїка Юрій Анатолійович
Лисенко Олександра Геннадіївна

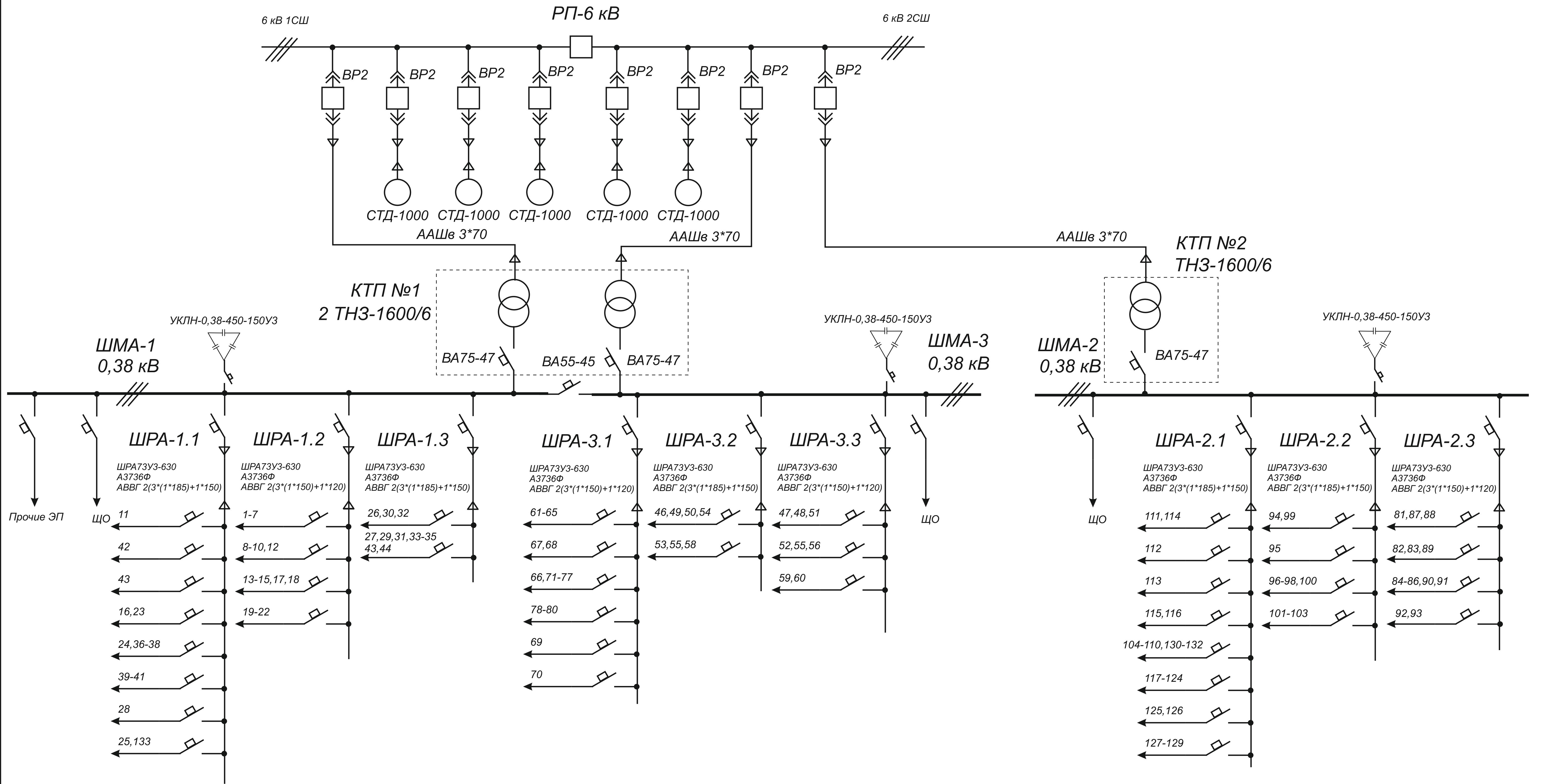
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ ТА РОБІТ
для здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня *«бакалавр»*
за напрямом підготовки
050701 – "Електротехніка та електротехнології"

Друкується в редакційній обробці автора

Підписано до друку . Формат 30х42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум.-друк. арк.
Обл.-вид. арк. . Тираж прим. Зам. № .

Державний ВНЗ Національний гірничий університет
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

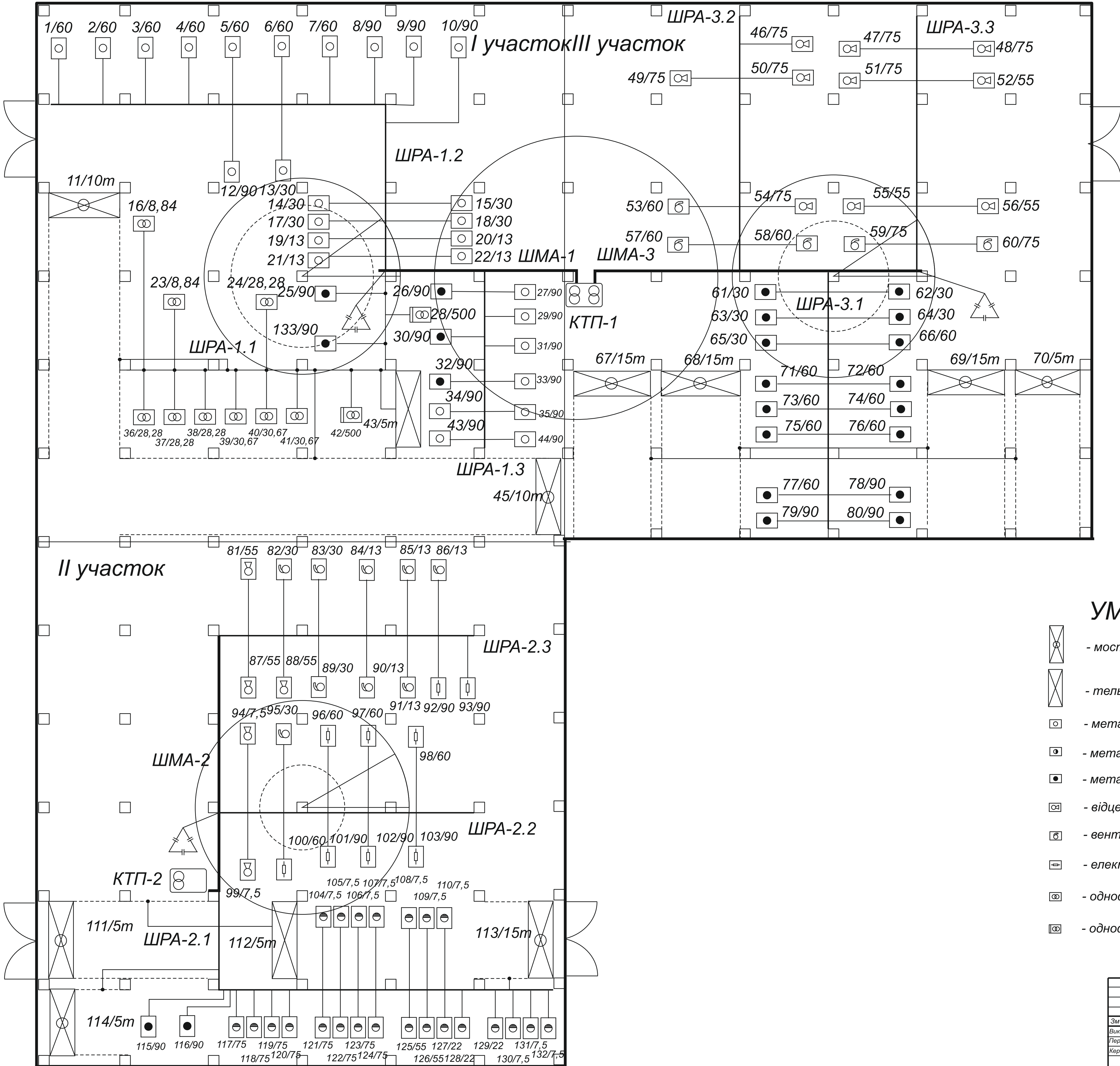
ОДНОЛІНІЙНА СХЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ



					Державний ВНЗ «НГУ» кафедра СЕП ДП 00.01				
					Однолінійна схема електропостачання механічного цеху	Лист	Маса	Масштаб	
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата					
Виконав	Кучер								
Перевірив	Олішевський								
Керівник	Олішевський					Лист 1	Листів 2		
						ЕТФ 6.050701 ЕП-08			
Н. контр	Волотковська								

ПЛАН РОЗМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

М 1:300



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- мостовий кран
- тельферний кран
- металообробний станок з легким режимом роботи
- металообробний станок з важким режимом роботи
- металообробний станок з особливо важким режимом роботи
- відцентрований насос, компресор
- вентилятор
- електричні печі опору
- однофазний трансформатор ручного зварювання
- однофазний трансформатор автоматичного зварювання

				Державний ВНЗ «НГУ» кафедра СЕП ДП 00.02		
				План розміщення електрообладнання механічного цеху		
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Лист	Маса
Виконав	Кучер					
Перевірив	Олішевський				Лист 2	Листів 2
Керівник	Олішевський				ЕТФ 6.050701 ЕП-08	
Н. контр	Волотковська					