

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

**ПАКЕТИ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ
ДЛЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
РОЗРАХУНКІВ
ЗБІРНИК ЗАВДАНЬ ДО МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Укладачі: В. В. Чижевський, В. І. Моссаковський

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Пакети прикладних програм для електротехнічних розрахунків: збірник завдань до модульної контрольної роботи [Електронний ресурс]: навч.- метод. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Чижевський, В. І. Моссаковський – Електронні текстові дані (1 файл: 1,26 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 34 с.

Рецензент *Пушкар М. В.*, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Відповідальний редактор *Кацадзе Т.Л.*, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричних мереж та систем

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2022 р.) за поданням Вченої ради факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 20.06.2022 р.)

ПАКЕТИ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ

ЗБІРНИК ЗАВДАНЬ ДО МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Укладач: *Чижевський Володимир Валерійович*, кандидат техн. наук, доц.
Моссаковський Вадим Ігорович, асистент

Навчальний посібник містить індивідуальні завдання з дисципліни «Пакети прикладних програм для електротехнічних розрахунків» для закріплення отриманих навичок у роботі з програмними середовищами MathCAD, MatLab та SVC студентами, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньою програмою «Електричні системи і мережі».

© В.В. Чижевський, В.І. Моссаковський
© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. КОНТРОЛЬНА РОБОТА №1.....	5
1.1. Зміст контрольної роботи №1.....	5
1.2. Бланк завдання до виконання контрольної роботи №1.....	6
1.3. Варіанти завдань виконання контрольної роботи №1.....	7
2. КОНТРОЛЬНА РОБОТА №2.....	8
2.1. Зміст контрольної роботи №2.....	8
2.2. Бланк завдання до виконання контрольної роботи №2.....	10
2.3. Варіанти завдань до виконання контрольної роботи №2.....	12
3. КОНТРОЛЬНА РОБОТА №3.....	23
3.1. Зміст контрольної роботи №3.....	23
3.2. Бланк завдання до виконання контрольної роботи №3.....	25
3.3. Варіанти завдань до виконання контрольної роботи №3.....	12 – 22
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	26
ДОДАТОК А. ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1.....	27
ДОДАТОК Б. ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №2.....	33
ДОДАТОК В. ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №3.....	34

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Пакети прикладних програм для електротехнічних розрахунків» передбачає виконання контрольних робіт для закріплення навичок у використанні відповідних програмних середовищ.

Вивчення дисципліни «Пакети прикладних програм для електротехнічних розрахунків» впродовж семестру структурно розділене на три частини, кожна з яких пов'язана із виконанням робіт у визначеному програмному середовищі:

1 частина – MathCAD – розрахунок протяжної ЛЕП надвисокої напруги, дослідження основних режимів роботи;

2 частина – Simple Voltage Calculator – моделювання схем електричних мереж різних класів номінальної напруги, врахування трансформаторних зв'язків в схемі, регулювання напруги;

3 частина – MatLab – моделювання електротехнічних схем, моделювання районних електричних мереж, дослідження електромашинних комплексів.

Вивчення кожної структурної частини дисципліни завершується написанням контрольної роботи за даною тематикою.

Матеріал даного навчального посібника може виявитися корисним для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Електричні системи і мережі» під час виконання електричних розрахунків режимів роботи електричних мереж та систем в процесі курсового та дипломного проектування.

1. КОНТРОЛЬНА РОБОТА №1

1.1. ЗМІСТ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1

В роботі задається протяжна ЛЕП з номінальною напругою 400 кВ, 500 або 750 кВ, певної довжини, одноколового виконання із заданою конструкцією фази. Протяжна ЛЕП має два перемикальні пункти та має забезпечити передачу нею до приймальної системи визначений об'єм транзиту активної потужності.

Виконання контрольної роботи передбачає:

- 1) розрахунок параметрів ЛЕП у режимах однобічного увімкнення, ненавантаженої лінії та максимального навантаження;
- 2) вибір кількості груп шунтувальних реакторів для кожного режиму та визначення кількості груп комутованих реакторів;
- 3) визначення параметрів установки повздовжньої компенсації для підвищення пропускної здатності у випадку необхідності;
- 4) побудову графіків розподілу напруги вздовж ЛЕП для кожного режиму;
- 5) побудову робочих характеристик ЛЕП з урахуванням зміни складу обладнання та перемикавання напруги на кінцевих підстанціях;
- 6) побудову кругової діаграми.

Розрахунок погонних параметрів протяжної ЛЕП здійснюється з використанням конструкції провідника визначеної марки та габаритних розмірів опор. Для визначення величини кроку розщеплення $a=400..600$ мм потрібно обчислити та навести порівняльну характеристику погонних параметрів, які залежать від кроку розщеплення.

В процесі розрахунку, кожен з розглянутих режимів повинен містити такі дані, як кількість шунтувальних реакторів, режимні параметри у всіх вузлових точках ланцюжкової схеми, порівняльну таблицю із варіантами розташування шунтувальних реакторів, втратами потужності та рівнями напруги по кінцях протяжної ЛЕП.

В робочих характеристиках мають бути враховані зміни у складі обладнання, як то вимкнення реакторних груп на кінцевих підстанціях та перемикальних пунктах, та зміни у рівнях напруги, перемикавання напруги на кінцевих підстанціях при збільшенні об'єму транзиту активної потужності, що має місце при переході від режиму ненавантаженої лінії до режиму максимальних навантажень.

Додаток 1 містить дані щодо будови провідників АС, розрахунку довжини ізоляційного підвісу, габариту, конструктивних розмірів опор та технічні характеристики конденсаторів для установки повздовжньої компенсації.

Бланк завдання до виконання контрольної роботи знаходиться на стор. 6, перелік можливих варіантів завдання для студентів знаходиться на стор. 7 навчального посібника. Номер варіанту задається викладачем.

1.2. БЛАНК ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Кафедра електричних мереж та систем

Завдання на контрольну роботу №1

з кредитного модуля «Пакети прикладних програм для електротехнічних розрахунків»

Тема МКР: «Розрахунок параметрів робочих режимів протяжної ЛЕП»

Для протяжної ЛЕП з номінальною напругою ____ кВ та довжиною ____ км, одноколового виконання з конструкцією фази __хАС-____/__, з двома перемикальними пунктами та за умови передачі нею до приймальної системи активної потужності ____ МВт, здійснити:

- 1) розрахунок параметрів ЛЕП у режимах однобічного увімкнення, ненавантаженої лінії та максимальних навантажень;
- 2) вибір кількості груп шунтувальних реакторів для кожного режиму та визначення кількості груп комутуваних реакторів
- 3) визначення параметрів установки повздовжньої компенсації;
- 4) побудову графіків розподілу напруги вздовж ЛЕП для кожного режиму;
- 5) побудову робочих характеристик ЛЕП з урахуванням зміни складу обладнання та перемикання напруги на кінцевих підстанціях;
- 6) побудову кругової діаграми.

Робота має містити таблиці порівняння варіантів розташування груп шунтувальних реакторів, відповідні висновки за кожним опорним режимом окремо та загальні висновки із зазначенням прийнятого для опорних режимів розподілу не комутуваних та комутуваних груп реакторів.

ДОВІДКОВІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ:

Таблиця 1 – Параметри проводів ПЛ

Номінальний переріз, мм ²	Опір постійному струму, Ом/км	Діаметр проводу, мм	Номінальний переріз, мм ²	Опір постійному струму, Ом/км	Діаметр проводу, мм
240/56	0,120	22,4	400/93	0,071	29,1
300/66	0,100	25,5	500/64	0,058	30,6
330/43	0,087	25,5	600/72	0,050	33,2
400/51	0,073	27,5	1000/86	0,029	42,4

Таблиця 2 – Крок розщеплення фази та середньгеометрична відстань між фазами ПЛ

	Клас напруги, кВ		
	400	500	750
Крок розщеплення фази, мм	Обрати з діапазону 400..600 мм з обґрунтуванням вибору		
Середньгеометрична відстань, м	з опори	з опори	з опори

Таблиця 3 – Питомі втрати на корону

Номінальна напруга, кВ	Конструкція фази	Втрати на корону, кВт/км	Номінальна напруга, кВ	Конструкція фази	Втрати на корону, кВт/км
400	3х400	3,7	750	5х240	13,0
	2х500	4,9		5х300	13,7
	3х500	3,2		4х400	18,3
	2х600	4,3		5х400	10,8
500	3х300	10,1		4х500	16,6
	3х330	9,0		5х500	14,6
	3х400	7,2		4х600	15,0
	3х500	5,5		4х1000	10,9

Таблиця 3 – Параметри однофазних шунтувальних реакторів

Тип реактора	Номінальна потужність, МВАр	Номінальна напруга, кВ	Втрати холостого ходу, кВт (на фазу)
РОМ-55000/400	55	420/√3	160
РОМ-60000/500	60	525/√3	108
РОДЦ-110000/750	110	787/√3	200

Група ЕС-_____

П.І.Б. _____

Варіант № _____

1.3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1

Таблиця 1.1. Варіанти завдання

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U _{НОМ} , кВ	500	400	500	500	400	400	400	750	500	400
Довжина, км	670	670	800	840	670	650	680	830	740	650
Конструкція фази	3х500	2х600	3х400	3х500	3х400	2х500	3х400	5х240	3х500	2х600
Активна потужність, МВт	710	760	1030	870	370	490	610	900	910	790

Таблиця 1.1. Продовження

№ варіанту	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
U _{НОМ} , кВ	500	750	500	750	400	400	400	500	400	400
Довжина, км	790	910	770	870	590	650	610	770	580	590
Конструкція фази	3х400	4х400	3х500	4х400	3х400	2х500	2х600	3х330	2х600	3х400
Активна потужність, МВт	930	1600	830	950	790	460	670	710	580	370

Таблиця 1.1. Продовження

№ варіанту	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
U _{НОМ} , кВ	500	750	400	500	500	500	500	500	750	750
Довжина, км	770	760	540	830	700	620	790	840	790	940
Конструкція фази	3х300	4х400	3х500	3х330	3х500	3х400	3х300	3х400	5х400	4х500
Активна потужність, МВт	850	1850	610	630	970	930	1010	830	1800	1750

Таблиця 1.1. Завершення

№ варіанту	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
U _{НОМ} , кВ	400	400	500	500	500	750	750	400	500	750
Довжина, км	690	690	810	640	790	960	850	550	740	820
Конструкція фази	2х500	2х600	3х330	3х330	3х500	5х500	4х400	2х600	3х500	5х300
Активна потужність, МВт	520	490	930	930	830	1800	1000	520	850	1300

2. КОНТРОЛЬНА РОБОТА №2

2.1. ЗМІСТ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №2

В роботі задається розташування на ситуційному плані пунктів навантаження із відповідними потужностями споживання на сторонах 35 кВ та 10 кВ майбутньої схеми районної електричної мережі 110 кВ. Розмір ситуційного плану 100×100 мм, масштаб 1 мм:10 км (можливе викривлення ситуційного плану при експорті, варто зважати на вказані розміри та масштаб). В якості початкових даних також фігурують коефіцієнти навантаження споживачів, кількість годин використання максимуму навантаження.

З використанням програмного комплексу Simple Voltage Calculator виконати наступні завдання:

1. сформувати три варіанти конфігурації триконтурної схеми мережі
2. виконати розрахунок L-схеми трьох обраних варіантів конфігурації мережі;
3. обчислити значення функції сумарних дисконтованих затрат для всіх ділянок всіх варіантів схеми, за результатами цих обчислень обрати найдешевшу схему;
4. виконати розрахунок параметрів Z-схеми заміщення обраної схеми електричної мережі;
5. виконати розрахунок режиму максимальних навантажень;
6. виконати розрахунок режиму максимальних навантажень, попередньо обравши пункти для встановлення двообмоткового та трьохобмоткового трансформатора із забезпеченням рівня напруги 10,5 кВ на стороні НН та 37,5 кВ на стороні СН.

Найголовнішим елементом для побудови схеми будь-якої конфігурації та будь-якого класу напруги є вузол. Між вузлами прокладається ділянка лінії та трансформатор. Для того, аби у вузлі з'явилася можливість вказувати рівень напруги, цю напругу потрібно створити у довіднику. Реактивна потужність навантаження у вузлі за замовчуванням має індуктивний характер та знак «+». Ємнісна потужність має знак «-».

В розрахунку струмозподілу за довжинами потрібно враховувати множник «e-6» для довжини ділянки.

Результати розрахунку експортуються до Microsoft Excel для визначення розрахункового перерізу провідника, обчислення значень функції сумарних дисконтованих затрат на кожній окремій ділянці та для схеми в цілому, сумарних втрат потужності. Можна переносити результати і до MathCAD; тут варто використовувати одиниці вимірювання, аби уникнути плутанини в розмірностях.

Пункт для встановлення двообмоткового та трьохобмоткового трансформатора обирається студентом на власний розсуд. Додаток 2 містить

паспортні дані 110/10 кВ та 110/35/10 кВ силових трансформаторів. Типові формули регулювальних відгалужень для РПН прийняти $\pm 9 \times 1,78 \%$, для ПБЗ $\pm 2 \times 2,5 \%$.

Розрахунок режиму вважається виконаним у випадку наявності експортованих результатів, отриманих за допомогою SVC та порівнянням втрат потужності отриманих за допомогою SVC безпосередньо та шляхом визначення різниці між сумою потужності початків ділянок та сумарною потужністю навантаження. Втрати потужності на корону мають бути враховані. У випадку розрахунку режиму з регулюванням напруги трансформаторними засобами, додатково наводиться інформація про номери регулювальних відгалужень, що забезпечили бажаний рівень напруги. Або висновок про неможливість досягнення бажаного рівня.

Робота вважається виконаною за наявності робочого файлу програмного середовища SVC та результатів виконання усіх шістьох зазначених пунктів у завданні.

Бланк завдання до виконання контрольної роботи знаходиться на стор. 10, 11 (двосторонній) перелік варіантів завдання для студентів знаходиться на стор. 12 – 14, схеми за номерами на стор. 15 – 22 навчального посібника. Номер варіанту задається викладачем.

2.2. БЛАНК ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №2

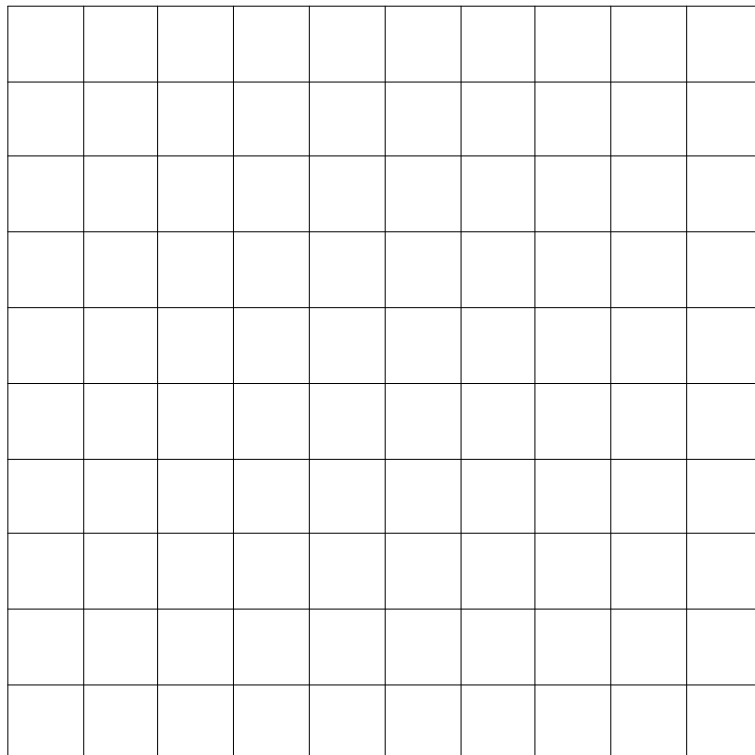
**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Кафедра електричних мереж та систем

Завдання на контрольну роботу №2

з кредитного модуля «Пакети прикладних програм для електротехнічних розрахунків»

Ситуаційний план



Вихідні дані:

- номінальна напруга мережі $U_H = 110$ кВ.
- балансуючий пункт у точці 0.
- масштаб 1 см : 10 км .
- відстань між пунктами L (км) та активні потужності пунктів P (МВт) – за ситуаційним планом.
- коефіцієнти потужності сторін СН, НН та генератора: $\cos(\varphi_{CH}) = \underline{\hspace{2cm}}$;
 $\cos(\varphi_{HH}) = \underline{\hspace{2cm}}$; $\cos(\varphi_g) = \underline{\hspace{2cm}}$.
- кількість годин використання максимуму навантаження: $T_{max} = \underline{\hspace{2cm}}$ [год/рік].

З використанням програмного комплексу Simple Voltage Calculator виконати

наступні завдання:

1. сформувати три варіанти конфігурації триконтурної схеми мережі
2. виконати розрахунок L-схеми трьох обраних варіантів конфігурації мережі;
3. обчислити значення функції сумарних дисконтованих затрат для всіх ділянок всіх варіантів схеми, обрати найдешевшу схему;
4. виконати розрахунок параметрів Z-схеми заміщення обраної схеми електричної мережі;
5. виконати розрахунок режиму максимальних навантажень;
6. виконати розрахунок режиму максимальних навантажень, попередньо обравши пункти для встановлення двохобмоткового та трьохобмоткового трансформатора із забезпеченням рівня напруги 10,5 кВ на стороні НН та 37,5 кВ на стороні СН.

ДОВІДКОВІ ДАНІ

діапазон напруги БП – 111..121 кВ;

питомий опір алюмінію – 28,5 Ом·мм²/км;

питомі втрати на корону – 0,08 кВт/км;

розрахункова величина погонного індуктивного опору – 0,4 Ом/км;

тариф на вході в мережу – 1,86 грн/(кВт·год);

питомі змінні витрати на спорудження 1 км лінії:

- одне коло 550 грн/(мм²·км),
- два кола 890 грн/(мм²·км);

видатки на обслуговування та ремонт ПЛ 110 кВ – 1,2%;

норма дисконту – 0,1.

Марка та переріз провідника					
АС-70/11 питомий опір 0,422 Ом/км діаметр провідника 11,4 мм тривалий допустимий струм 265 А капітальні вкладення, тис. грн		АС-120/19 питомий опір 0,244 Ом/км діаметр провідника 15,2 мм тривалий допустимий струм 390 А капітальні вкладення, тис. грн		АС-240/39 питомий опір 0,118 Ом/км діаметр провідника 21,6 мм тривалий допустимий струм 610 А капітальні вкладення, тис. грн	
одне коло 588	два кола 823	одне коло 592	два кола 833	одне коло 606,5	два кола 858,9

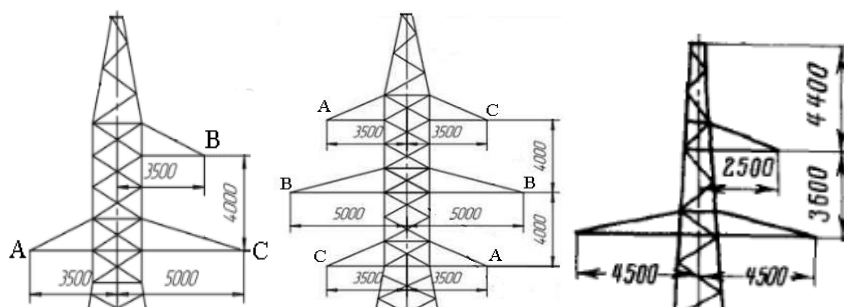


Рисунок 2.1. Опори 110 кВ

2.3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №2

Таблиця 2.1. Варіанти завдання

№ пункту	Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	№ схеми	10	3	14	13	4	15	9	7	12	11
1	$P_{CH}, \text{МВт}$	0	13	7	8	0	9	0	0	0	5
	$P_{HH}, \text{МВт}$	5	3	7	3	13	16	10	16	13	15
2	$P_{CH}, \text{МВт}$	15	14	17	0	0	0	0	0	0	0
	$P_{HH}, \text{МВт}$	3	14	12	15	4	13	13	4	11	7
3	$P_{CH}, \text{МВт}$	0	0	0	17	16	14	0	0	0	10
	$P_{HH}, \text{МВт}$	13	7	13	15	5	6	9	13	11	2
4	$P_{CH}, \text{МВт}$	8	0	16	0	0	0	6	4	0	11
	$P_{HH}, \text{МВт}$	9	7	14	12	14	9	12	16	16	2
5	$P_{CH}, \text{МВт}$	8	5	0	0	13	17	0	9	13	0
	$P_{HH}, \text{МВт}$	15	6	3	3	5	13	2	14	15	7
6	$P_{CH}, \text{МВт}$	6	0	0	4	0	0	5	5	9	9
	$P_{HH}, \text{МВт}$	4	11	12	2	12	2	8	11	11	16
7	$P_{CH}, \text{МВт}$	0	11	10	0	14	0	15	0	14	0
	$P_{HH}, \text{МВт}$	8	13	10	9	11	3	13	5	5	4
8	$P_{CH}, \text{МВт}$	0	0	0	17	15	17	15	13	17	6
	$P_{HH}, \text{МВт}$	7	11	10	12	11	9	15	14	15	15
$\cos(\varphi_{CH})$		0,77	0,85	0,92	0,76	0,96	0,9	0,85	0,94	0,74	0,91
$\cos(\varphi_{HH})$		0,88	0,8	0,95	0,8	0,74	0,8	0,92	0,77	0,81	0,81
$\cos(\varphi_{ГЕН})$		0,75	0,86	0,77	0,78	0,92	0,93	0,74	0,95	0,84	0,83
$T_{\max}, \text{год}$		5573	5269	5929	5307	4992	4862	4521	5193	5083	5219

Таблиця 2.1. Продовження

№ пункту	Варіанти	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	№ схеми	12	16	6	8	11	10	5	15	7	2
1	P _{CH} , МВт	0	0	10	5	0	0	10	18	0	13
	P _{HH} , МВт	7	16	10	6	2	16	16	5	16	14
2	P _{CH} , МВт	15	0	10	18	0	14	0	6	0	18
	P _{HH} , МВт	10	11	12	5	2	15	13	15	10	15
3	P _{CH} , МВт	0	0	0	0	10	6	5	15	0	0
	P _{HH} , МВт	-30	9	6	14	3	3	13	15	-30	13
4	P _{CH} , МВт	0	0	0	17	0	7	11	9	5	0
	P _{HH} , МВт	9	-45	8	8	-30	2	2	7	10	-45
5	P _{CH} , МВт	8	18	0	17	0	0	0	0	13	13
	P _{HH} , МВт	13	4	-60	14	14	-45	-60	10	3	5
6	P _{CH} , МВт	0	4	17	0	8	0	14	0	0	8
	P _{HH} , МВт	2	3	16	-60	10	6	4	-60	16	10
7	P _{CH} , МВт	13	11	0	0	11	0	0	0	13	0
	P _{HH} , МВт	12	7	5	6	9	8	2	13	5	15
8	P _{CH} , МВт	5	12	7	0	17	6	0	0	18	0
	P _{HH} , МВт	2	7	16	10	5	6	3	8	3	9
cos(φ _{CH})		0,91	0,85	0,92	0,78	0,8	0,96	0,74	0,9	0,93	0,9
cos(φ _{HH})		0,85	0,79	0,88	0,92	0,91	0,89	0,93	0,83	0,96	0,94
cos(φ _{ГЕН})		0,75	0,88	0,95	0,74	0,77	0,93	0,87	0,88	0,93	0,81
T _{max} , год		5955	4968	5337	5060	4948	5680	4688	4500	5132	5030

Таблиця 2.1.Завершення

№ пункту	Варіанти	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	№ схеми	9	5	14	2	4	16	3	13	9	10
1	P _{CH} , МВт	16	12	0	0	9	0	17	4	7	6
	P _{HH} , МВт	4	12	6	8	13	12	3	4	8	11
2	P _{CH} , МВт	0	18	0	14	16	14	14	0	15	12
	P _{HH} , МВт	-30	13	9	8	12	9	12	14	11	12
3	P _{CH} , МВт	15	14	13	0	16	8	0	0	15	7
	P _{HH} , МВт	6	2	13	7	13	15	11	6	15	3
4	P _{CH} , МВт	12	0	4	0	0	7	0	0	0	17
	P _{HH} , МВт	11	-45	6	6	-30	3	-60	-60	3	15
5	P _{CH} , МВт	0	5	0	15	0	0	11	5	0	0
	P _{HH} , МВт	7	10	-60	6	13	-45	13	7	3	8
6	P _{CH} , МВт	0	0	8	14	0	0	10	5	0	0
	P _{HH} , МВт	10	2	15	5	12	15	5	5	-30	12
7	P _{CH} , МВт	0	0	12	0	0	0	0	0	10	0
	P _{HH} , МВт	2	16	2	-60	13	5	2	9	16	-45
8	P _{CH} , МВт	5	0	0	14	12	9	0	15	0	0
	P _{HH} , МВт	10	14	8	6	2	9	12	4	9	4
cos(φ _{CH})		0,96	0,85	0,87	0,74	0,82	0,77	0,93	0,88	0,88	0,95
cos(φ _{HH})		0,86	0,93	0,96	0,74	0,8	0,82	0,89	0,74	0,95	0,81
cos(φ _{ГЕН})		0,92	0,8	0,89	0,81	0,85	0,92	0,9	0,95	0,88	0,9
T _{max} , год		5873	5985	4926	5956	5231	5203	4570	5753	5261	5701

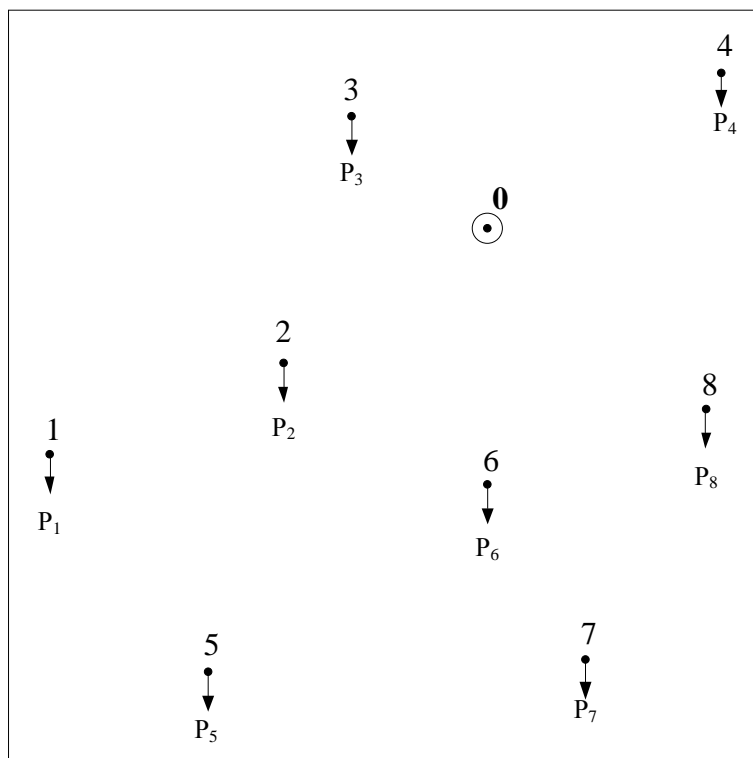


Схема №1

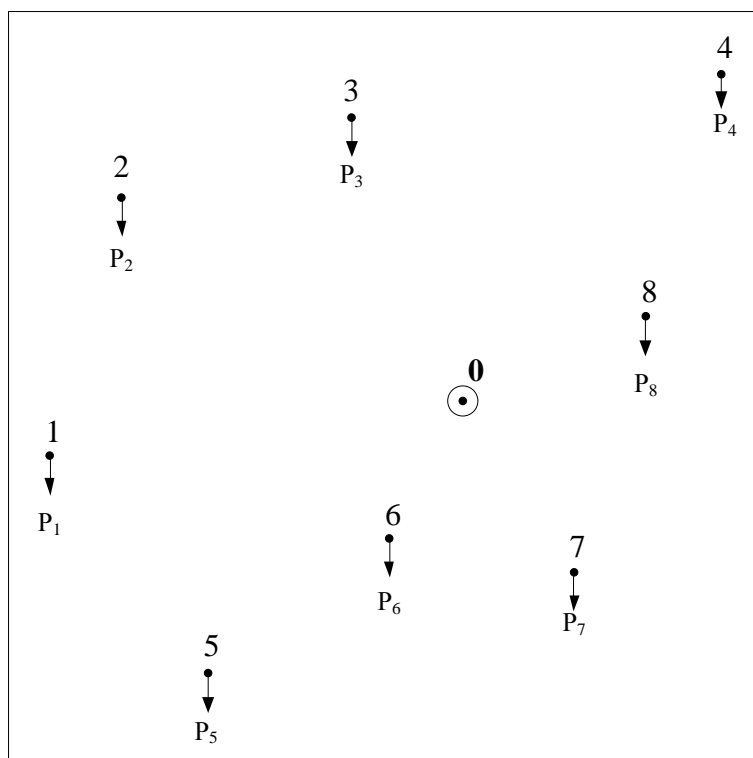


Схема №2

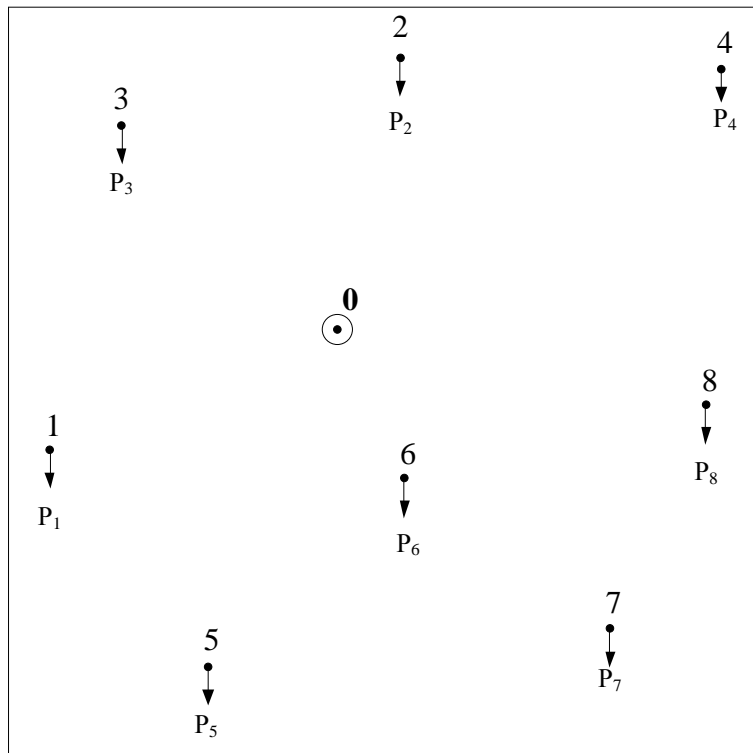


Схема №3

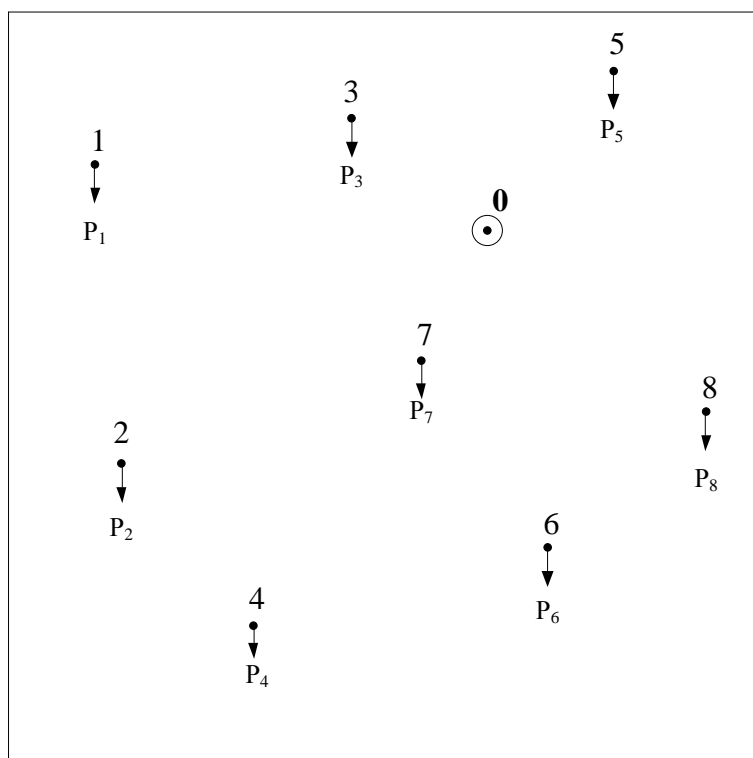


Схема №4

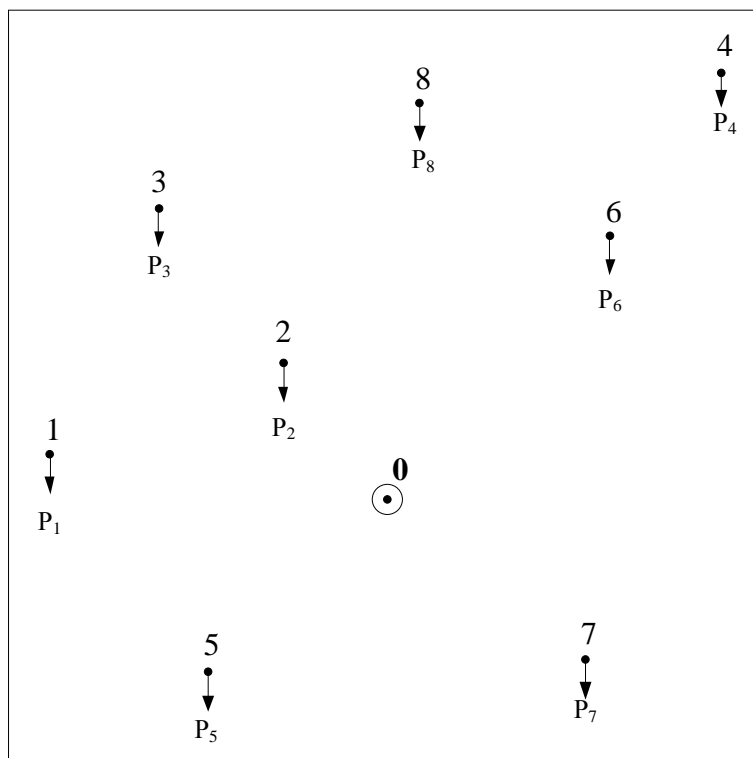


Схема №5

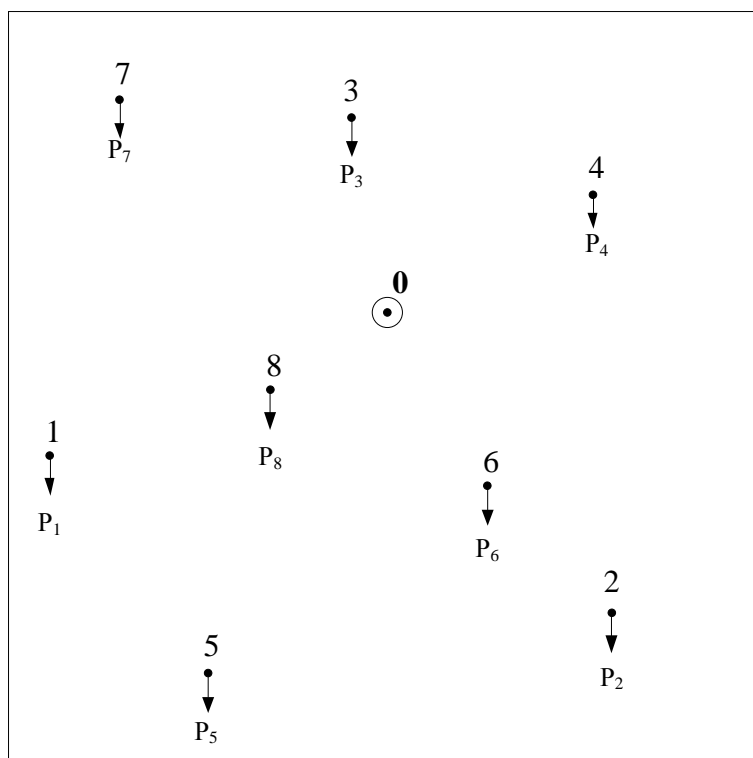


Схема №6

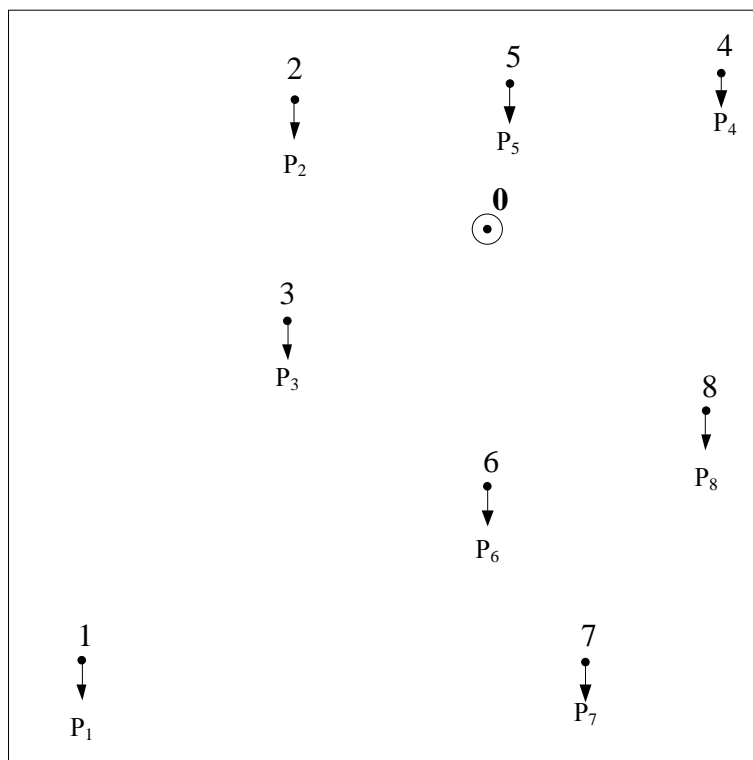


Схема №7

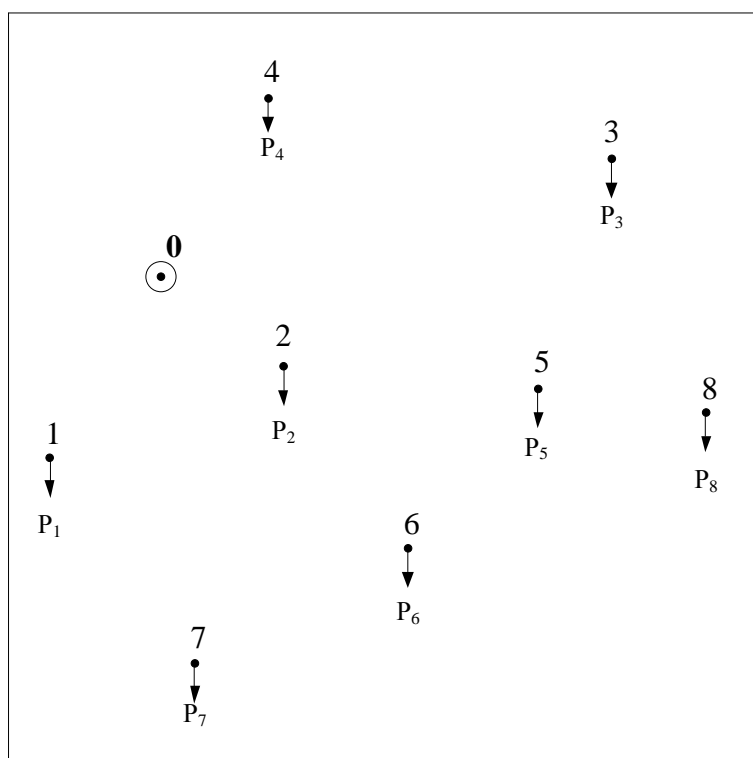


Схема №8

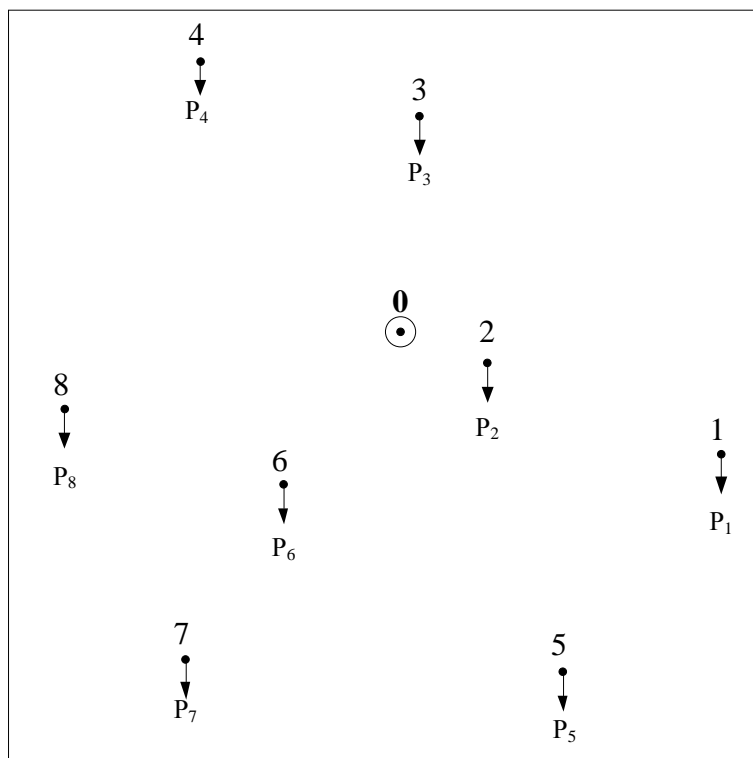


Схема №9

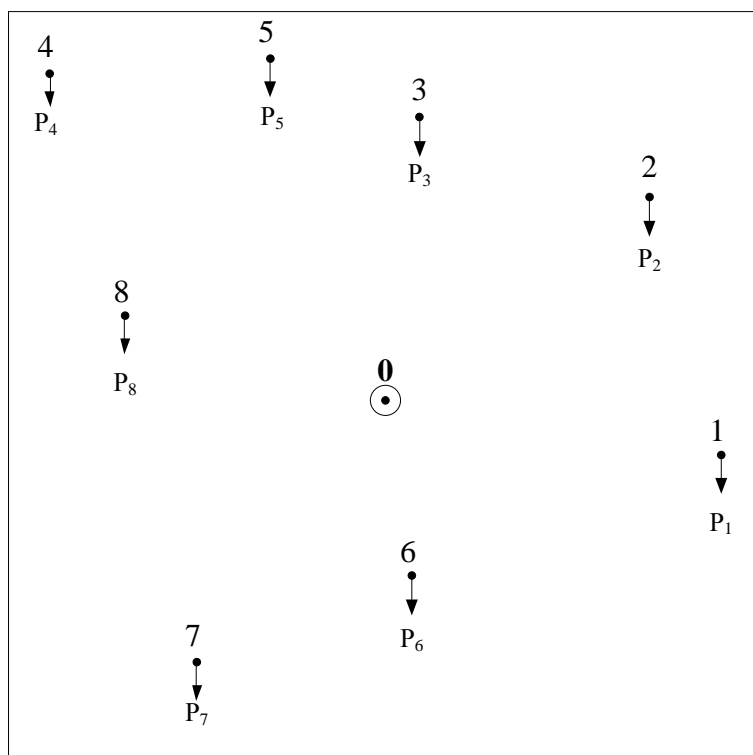


Схема №10

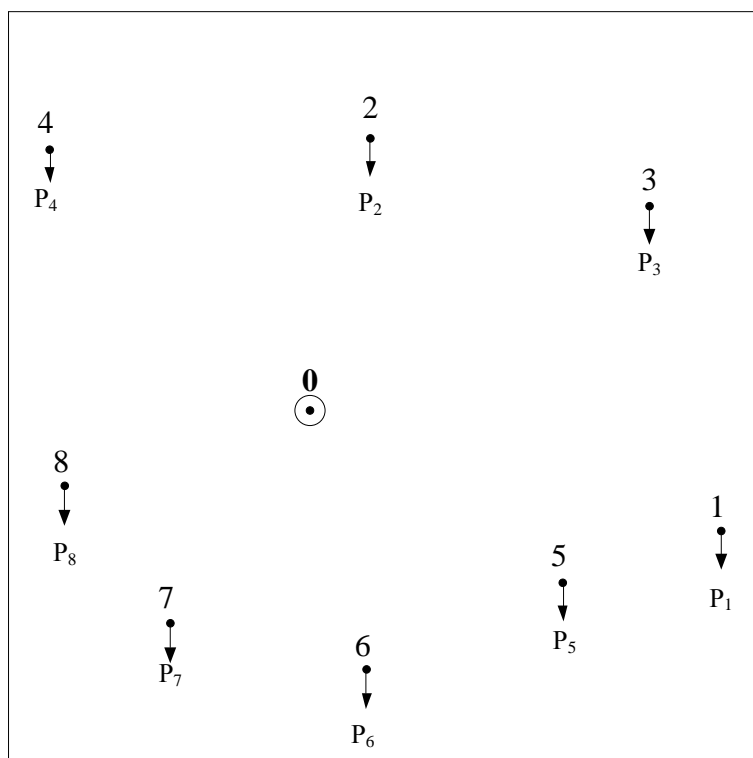


Схема №11

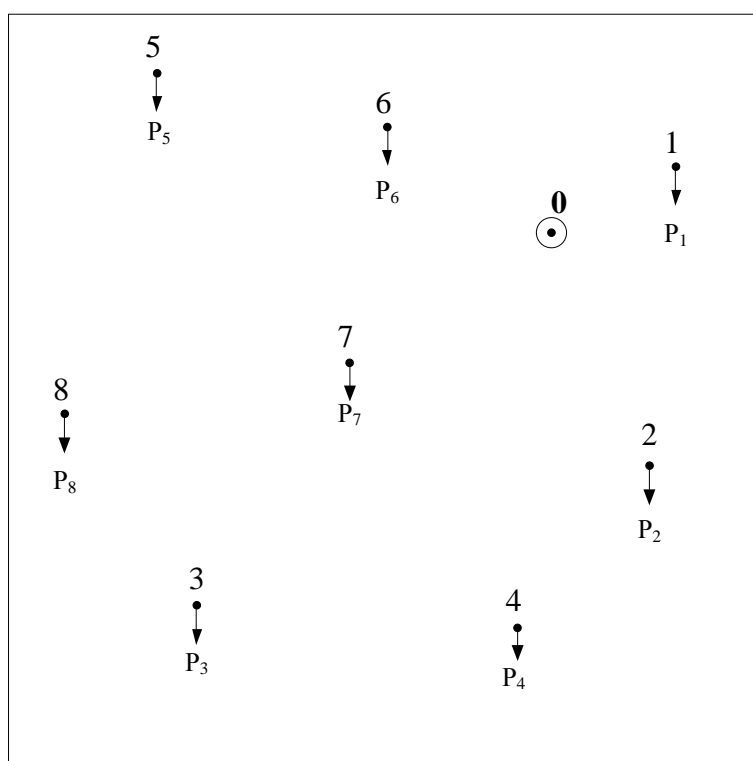
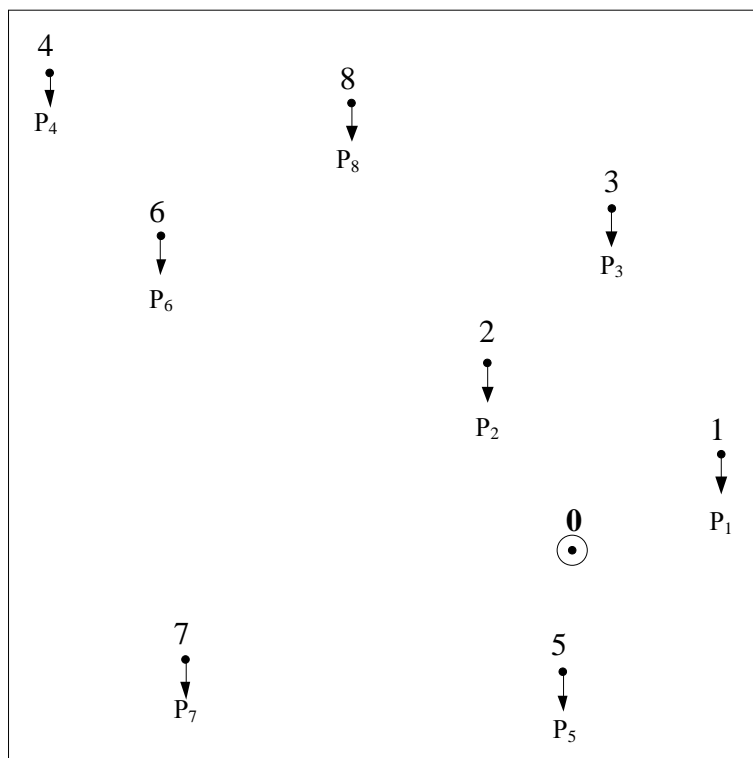
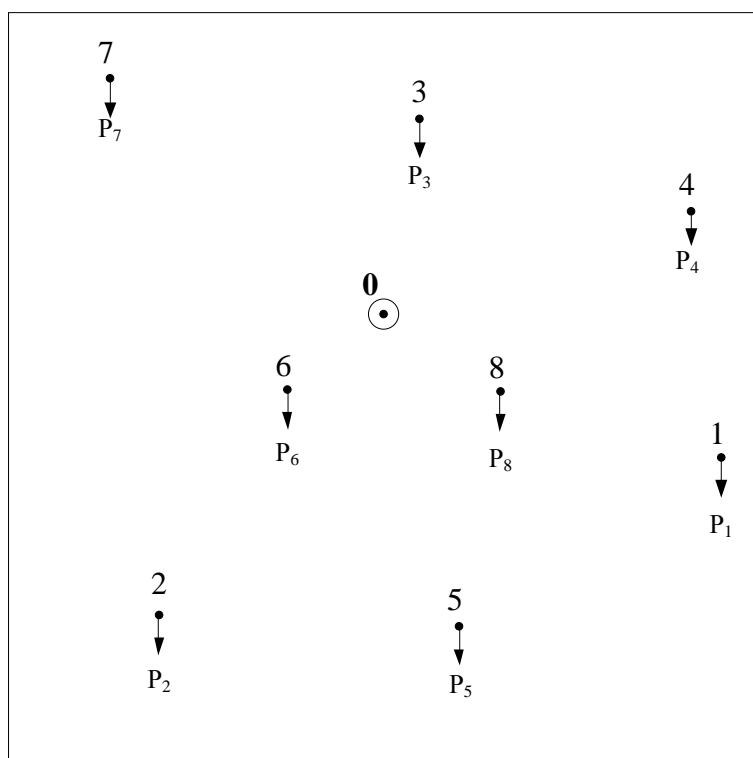


Схема №12



Cхема №13



Cхема №14

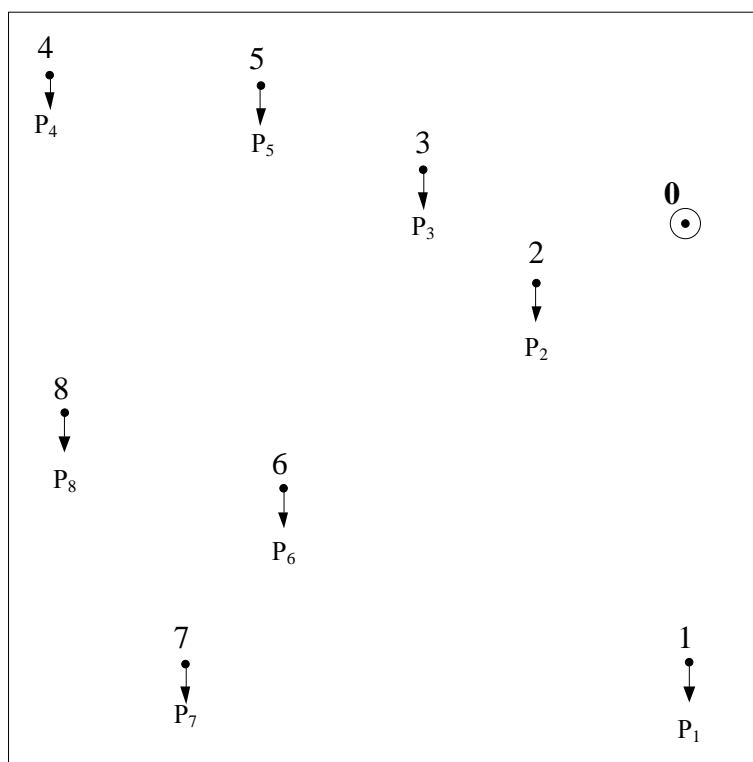


Схема №15

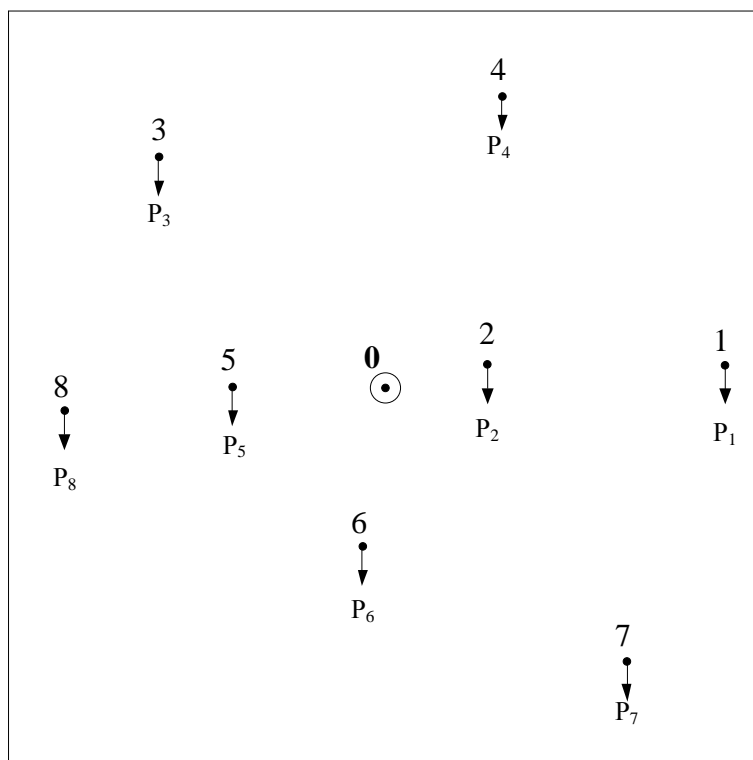


Схема №16

3. КОНТРОЛЬНА РОБОТА №3

3.1. ЗМІСТ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №3

В роботі задається розташування на ситуаційному плані пунктів навантаження із відповідними потужностями споживання на сторонах 35 кВ та 10 кВ майбутньої схеми районної електричної мережі 110 кВ. Розмір ситуаційного плану 100×100 мм, масштаб 1 мм:10 км (можливе викривлення ситуаційного плану при експорті, варто зважати на вказані розміри та масштаб). В якості початкових даних також фігурують коефіцієнти навантаження споживачів, кількість годин використання максимуму навантаження.

З використанням програмного комплексу MatLab виконати наступні завдання:

1. сформулювати три варіанти конфігурації триконтурної схеми мережі
2. виконати розрахунок L-схеми трьох обраних варіантів конфігурації мережі;
3. обчислити значення функції сумарних дисконтованих затрат для всіх ділянок всіх варіантів схеми, обрати найдешевшу схему;
4. виконати розрахунок параметрів Z-схеми заміщення обраної схеми електричної мережі;
5. виконати розрахунок режиму максимальних навантажень;
6. виконати розрахунок режиму максимальних навантажень та отримати режимні параметри за допомогою вимірювальних трансформаторів, попередньо обравши два суміжні пункти зі сполучною ділянкою в якості місця їх встановлення.

Для моделювання пункту навантаження варто використовувати [Series RLC Load]. Номінальна напруга вказується у В, тобто 110000 В, потужність задається у Вт та ВАр. Реактивна потужність навантаження індуктивного характеру має знак «+». Ємнісна потужність має знак «-».

Для ділянок індуктивний опір (реактанс) та ємнісна провідність (сусцептанс) мають бути перераховані на індуктивність та ємність. Активна провідність (кондуктанс) перераховується на опір.

В розрахунку струморозподілу за довжинами потрібно враховувати множник «e-6» для довжини ділянки.

Визначаючи розрахунковий переріз провідників, обчислюючи значення функції сумарних дисконтованих затрат на кожній окремій ділянці та для схеми в цілому в середовищі MathCAD варто використовувати одиниці вимірювання.

Ділянка та два суміжні пункти для встановлення вимірювальних трансформаторів струму та напруги обираються студентами на власний розсуд. Наприклад: цікавить ділянка 4 – 5. У пунктах №№ 4 та 5 на приєднанні навантаження встановлюються вимірювальні трансформатори струму у кожній фазі та трифазний (для спрощення) трансформатор напруги. На початку та в кінці ділянки 4 – 5 встановлюються вимірювальні трансформатори струму. За їх

допомогою визначаються рівні напруги та потужність споживання в пунктах №№ 4 та 5, потік потужності на початку та в кінці ділянки 4 – 5. Додаток 3 містить паспортні дані вимірювальних трансформаторів струму та напруги.

Розрахунок режиму запускається через PowerGui – Phasor 50 Hz – Tools – Load Flow із подальшим розрахунком та застосуванням поправочних коефіцієнтів до номінальної напруги пунктів навантаження. Часу моделювання 1 с більш ніж достатньо.

Робота вважається виконаною за наявності робочого файлу програмного середовища MatLab та результатів виконання кожного із шести зазначених пунктів у завданні.

Бланк завдання до виконання контрольної роботи знаходиться на стор. 25, 26 (двосторонній) перелік варіантів завдання для студентів приймається з попередньої контрольної роботи, стор.12 – 22. Номер варіанту задається викладачем.

2.3. БЛАНК ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №3

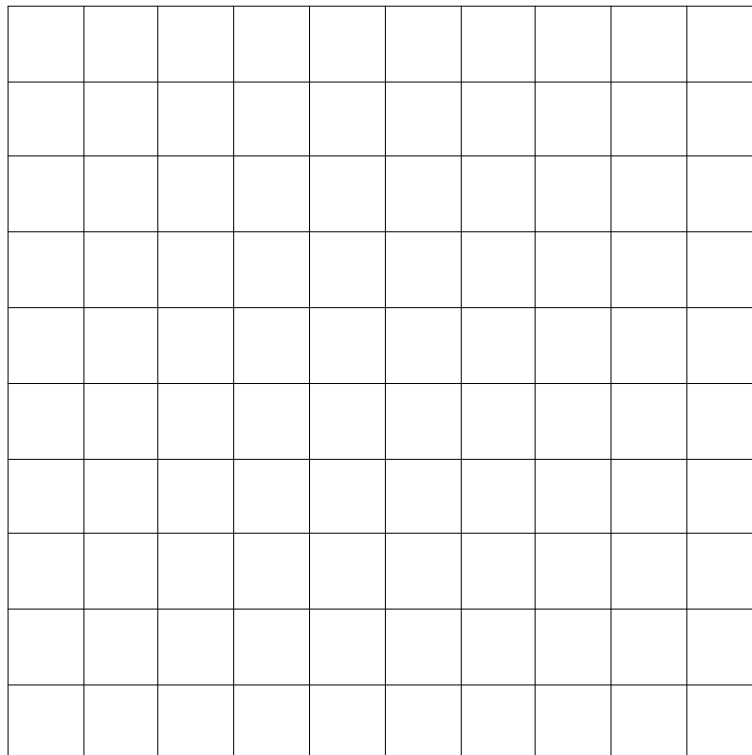
**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Кафедра електричних мереж та систем

Завдання на контрольну роботу №3

**з кредитного модуля «Пакети прикладних програм для електротехнічних
розрахунків»**

Ситуаційний план



Вихідні дані:

- номінальна напруга мережі $U_H = 110$ кВ.
- балансуючий пункт у точці 0.
- масштаб 1 см : 10 км .
- відстань між пунктами L (км) та активні потужності пунктів P (МВт) – за ситуаційним планом.
- коефіцієнти потужності сторін СН, НН та генератора: $\cos(\varphi_{CH}) = \underline{\hspace{2cm}}$;
 $\cos(\varphi_{HH}) = \underline{\hspace{2cm}}$; $\cos(\varphi_g) = \underline{\hspace{2cm}}$.
- кількість годин використання максимуму навантаження: $T_{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$ [год/рік].

З використанням програмного комплексу MatLab виконати наступні завдання:

1. сформувати три варіанти конфігурації триконтурної схеми мережі
2. виконати розрахунок L-схеми трьох обраних варіантів конфігурації мережі;
3. обчислити значення функції сумарних дисконтова них затрат для всіх ділянок всіх варіантів схеми, обрати найдешевшу схему;
4. виконати розрахунок параметрів Z-схеми заміщення обраної схеми електричної мережі;
5. виконати розрахунок режиму максимальних навантажень;
6. виконати розрахунок режиму максимальних навантажень та отримати режимні параметри за допомогою вимірювальних трансформаторів, попередньо обравши два суміжні пункти зі сполучною ділянкою в якості місця їх встановлення.

ДОВІДКОВІ ДАНІ

діапазон напруги БП – 111..121 кВ;

питомий опір алюмінію – $28,5 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$;

питомі втрати на корону – $0,08 \text{ кВт/км}$;

розрахункова величина погонного індуктивного опору – $0,4 \text{ Ом/км}$;

тариф на вході в мережу – $1,86 \text{ грн}/(\text{кВт} \cdot \text{год})$;

питомі змінні витрати на спорудження 1 км лінії:

- одне коло $550 \text{ грн}/(\text{мм}^2 \cdot \text{км})$,
- два кола $890 \text{ грн}/(\text{мм}^2 \cdot \text{км})$;

видатки на обслуговування та ремонт ПЛ 110 кВ – $1,2\%$;

норма дисконту – $0,1$.

Марка та переріз провідника					
АС-70/11		АС-120/19		АС-240/39	
питомий опір $0,422 \text{ Ом/км}$ діаметр провідника $11,4 \text{ мм}$ тривалий допустимий струм 265 А капітальні вкладення, тис. грн		питомий опір $0,244 \text{ Ом/км}$ діаметр провідника $15,2 \text{ мм}$ тривалий допустимий струм 390 А капітальні вкладення, тис. грн		питомий опір $0,118 \text{ Ом/км}$ діаметр провідника $21,6 \text{ мм}$ тривалий допустимий струм 610 А капітальні вкладення, тис. грн	
одне коло 588	два кола 823	одне коло 592	два кола 833	одне коло 606,5	два кола 858,9

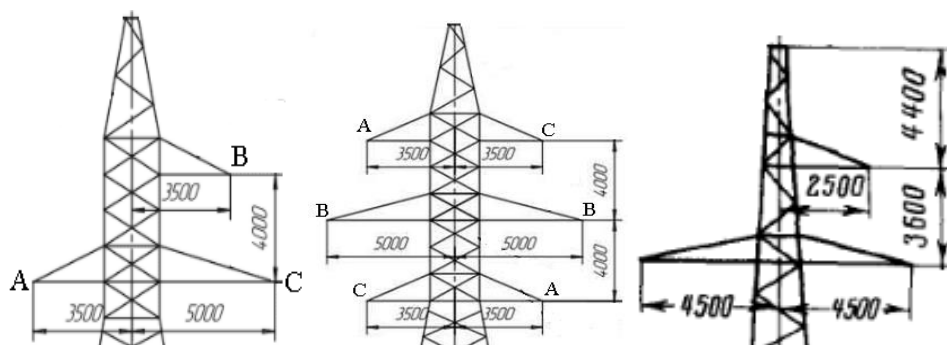


Рисунок 3.1. Опори 110 кВ

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електричні мережі та системи /В. М. Сулейманов, Т. Л. Кацадзе. – Київ: НТУУ "КПІ", 2008.
2. Районні електричні мережі: Метод. вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Електричні системи та мережі» (Економічна частина) / Уклад.: В.М. Сулейманов, В.В. Чижевський, О.М. Янковська — К.: НТУУ «КПІ», 2009. - 95 с.
3. Інтелектуальні технології управління та імітаційного моделювання в складних системах/Кирик В.В., Гавриленко О.В., Кирик Н.В. Навчальний посібник. – Київ: Академія муніципального управління, 2010. – 136 с.
4. Кирик В.В. Електричні мережі та системи. Навчальний посібник – Київ: Видавництво «Політехніка», 2014.
5. Малогулка Ю.В., Бурикін О.Б., Кацадзе Т.Л., Нетребський В.В. за ред. Лежнюка П.Д. Електричні системи і мережі. Частина 1: Навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2020.-206 с.
6. Регулювання режимів електричних систем - 3 : Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. Уклад.: Т. Л. Кацадзе, О. М. Янковська. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 74 с.

ДОДАТОК А

ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №1

Номінальний переріз, мм ²	Алюмінієва частина провідника		Сталеve осердя провідника	
	Кількість проволок	Номінальний діаметр проволок	Кількість проволок	Номінальний діаметр проволок
240/32	24	3,60	7	2,40
240/39	26	3,40	7	2,65
300/39	24	4,00	7	2,65
300/48	26	3,80	7	2,95
315/21,8	45	2,99	7	1,99
315/51,3	26	3,93	7	3,05
330/30,0	48	2,98	7	2,30
330/43,0	54	2,80	7	2,80
400/18	42	3,40	7	1,85
400/27,7	45	3,36	7	2,24
400/51	54	3,05	7	3,05
400/51,9	54	3,07	7	3,07
450/31,1	45	3,57	7	2,38
500/26	42	3,90	7	2,20
500/34,6	45	3,76	7	2,51
560/38,7	45	3,98	7	2,65
630/43,6	45	4,22	7	2,81
710/49,1	45	4,48	7	2,99

Рисунок ДА.1. Конструкція провідників ДЕП

Автотрансформатор 400 кВ.

АОДЦТН–210000/400/330. $S_T=210$ МВА; $S_{T\text{ НН}}=67$ МВА; $U_{ВН}=400/\sqrt{3}$ кВ;
 $U_{СН}=330/\sqrt{3}$ кВ; $U_{НН}=10,5, 11, 13,8, 36,7, 38,5$ кВ; $\Delta P_{x.x.}=80$ кВт; $\Delta P_{к.з.}=350$ кВт;
 $u_{К\text{ В-С}}=9,9\%$; $u_{К\text{ В-Н}}=18\%$; $u_{К\text{ С-Н}}=17,7\%$; $I_{x.x.}=0,8\%$.

Таблиця ДА.1. Для визначення довжини гірлянди ізолятора

Ступінь забруднення	Питома довжина витoku для ізоляторів номінальної напруги 110 – 750 кВ, λ_e , см/кВ
1	1,6
2	2,0
3	2,5
4	3,1

Питома довжина витокунь множитьсѧ на рѧвень номѧнальної напруги:

$$L = \lambda_e \cdot U_{ном}$$

Таблицѧ ДА.2. Пѧдвѧснѧ склянѧ ізолятори

Ізолятор	Нормована довжина витокунь одного ізолятора, мм	Монтажна довжина ізолятора, мм
ПС160Д	370	170
ПСВ210А	552	195
ПС300В	390	195
ПСВ120Б	442	146

Приклад розрахунку довжини гѧрлянди ізоляторѧв

$U_{ном}=330$ кВ, ізолятор ПС160Д, 4 зона забруднення

$$n_{із} = \frac{\lambda_e \cdot U_{ном}}{l_e} = \frac{3,1 \cdot 330}{370} \cdot 10 = 27,64 \Rightarrow 28(од)$$

для класѧв напруги 330 – 400 кВ додаѧтьсѧ +1 ізолятор

для класѧв напруги 500 – 750 кВ додаѧтьсѧ +2 ізолятори

довжина гѧрлянди ізоляторѧв становить

$$l_{із} = (n_{із} + 1) \cdot H = (28 + 1) \cdot 170 = 4930(мм)$$

Таблицѧ ДА.3. Габарит, $D_{им}$

Клас напруги, кВ	Габарит, м
400	6,5..7,8
500	6,7..8,0
750	7,1..11,5

Таблицѧ ДА.4. Коефіцієнт

середнього геометричного радіусу сталєалюмінієвого проводу, k_g

Кількість алюмінієвих проволук у складѧі сталєалюмінієвого проводу	Коефіцієнт середнього геометричного радіусу
6	0,768
12	0,859
26	0,809
30	0,826
54	0,810

Таблиця ДА.5. Коефіцієнти укрутки сталевалюмінієвих проводів, k_t

Кількість проволок (алюміній/ сталь)	Коефіцієнт укрутки	Кількість проволок (алюміній/ сталь)	Коефіцієнт укрутки
6/1	0,16826	48/7	0,02120
18/1	0,05648	54/7	0,01894
18/19	0,05644	54/19	0,01894
24/7	0,04245	54/37	0,01894
24/37	0,04238	64/61	0,01894
26/7	0,03920	72/7	0,01408
30/7	0,03400	76/7	0,01344
30/19	0,03400	84/7	0,01217
42/7	0,02432	90/37	0,01140
45/7	0,02314	96/19	0,01065

Тип	Напруга, кВ	Потужність, <u>кВАр</u>
КМ1-0,38-13-3У3	0,38	13
КМ1-0,50-13-3У3	0,5	13
КМ1-0,66-13-3У3	0,66	13
КМ2-0,38, 26-3У3	0,38	26
КМ2-0,50-26-3У3	0,5	26
КМ2-0,66-26-3У3	0,66	26
КС1-0,23-9-3У3	0,23	9
КСО-0,23-4-3У3	0,23	4
КСО-0,38-12,5-3У3	0,38	12,5
КСО-0,66-12,5	0,66	12,5

Рисунок ДА.2. Технічні характеристики одиначної конденсаторної банки
установки повздовжньої компенсації

Витяг із каталогу опор для визначення погонного реактансу (індуктивного опору) та сусцептансу (ємнісної провідності)

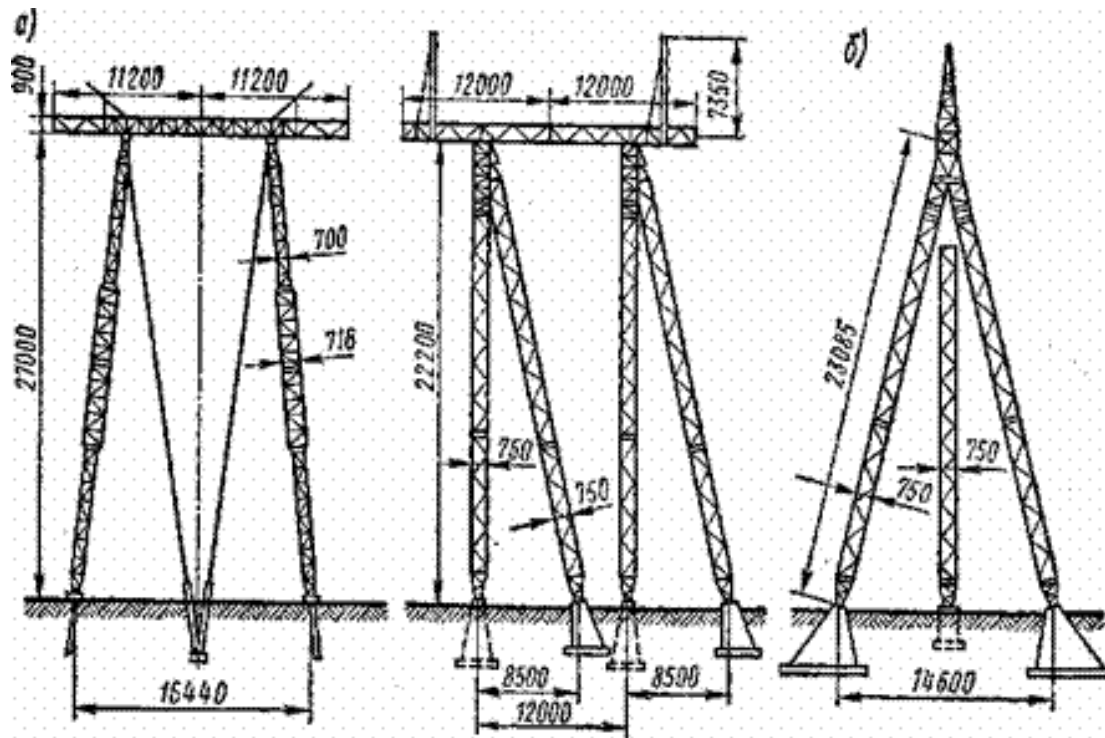
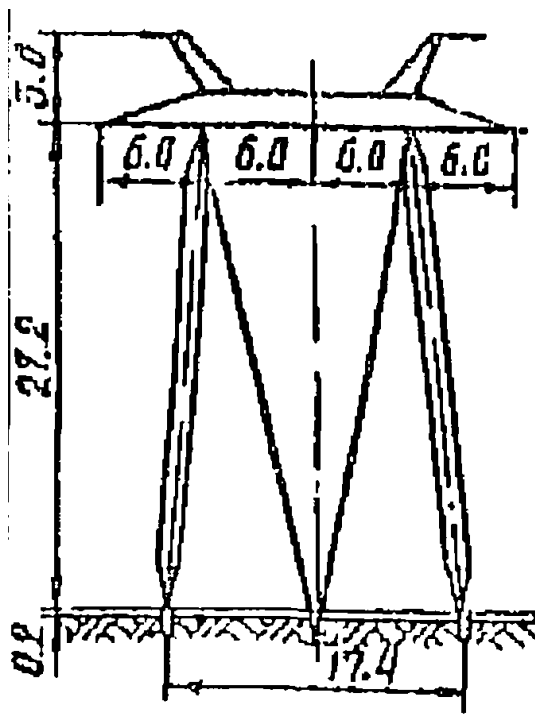
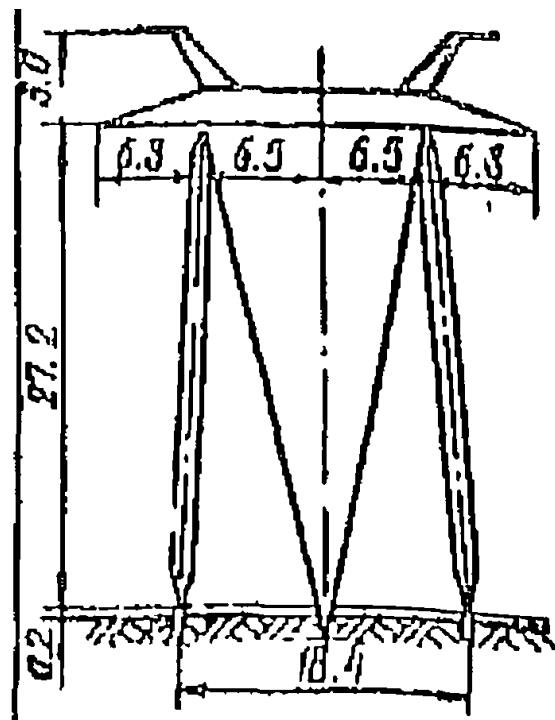


Рисунок ДА.3. Опори 400 кВ



27, 2 м; 6,0+6,0 м; 6,0+6,0 м



27,2 м; 6,3+6,5 м; 6,5+6,3 м

Рисунок ДА.4. Опоры 500 кВ

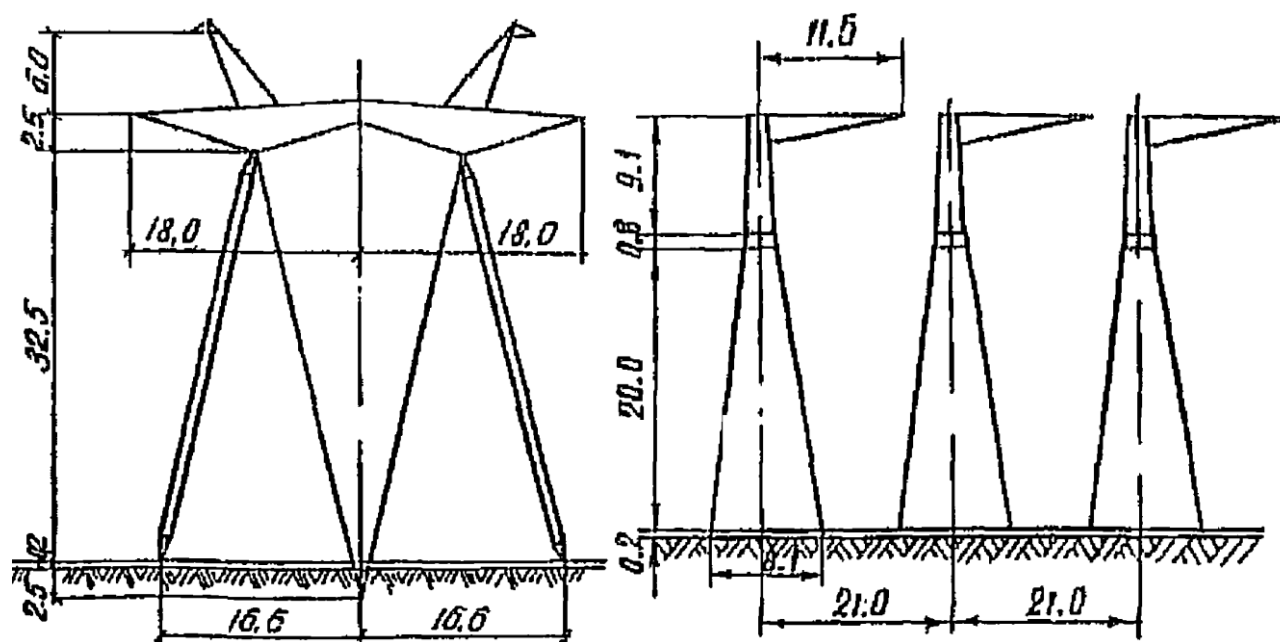


Рисунок ДА.5. Опоры 750 кВ

ДОДАТОК Б

ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №2

Таблиця ДБ.1. Силові трьохобмоткові трансформатори 110 кВ

Тип	S _{НОМ} , МВА	U _{ВН} , кВ	U _{СН} , кВ	U _{НН} , кВ	Напруга к.з., %			Втрати х.х., кВт	Втрати к.з., кВт	Струм х.х., %
					В-С	В-Н	С-Н			
ТДТН-6300/110	6,3	115	38,5	11	10,5	17,0	6,0	14	58	1,2
ТДТН-10000/110	10	115	38,5	11	10,5	17,0	6,0	17	76	1,1
ТДТН-16000/110	16	115	38,5	11	10,5	17,0	6,0	23	100	1,0
ТДТН-25000/110	25	115	38,5	11	10,5	17,5	6,5	31	140	0,7
ТДТН-40000/110	40	115	38,5	11	10,5	17,0	6,0	43	200	0,6
ТДТН-63000/110	63	115	38,5	11	10,5	17,0	6,5	56	290	0,7

Таблиця ДБ.2. Силові двохобмоткові трансформатори 110 кВ

Тип	S _{НОМ} , МВА	U _{ВН} , кВ	U _{НН} , кВ	Втрати х.х., кВт	Втрати к.з., кВт	Напруга к.з., %	Струм х.х., %
ТМН-2500/110	2,5	110	11,0	5,5	22	10,5	1,5
ТМН-6300/110	6,3	115	11,0	11,5	44	10,5	0,8
ТДН-10000/110	10	115	11,0	14	60	10,5	0,7
ТДН-16000/110	16	115	11,0	19	85	10,5	0,7
ТРДН-25000/110	25	115	10,5	27	120	10,5	0,7
ТД(Н)-40000/110	40	121	10,5	50	160	10,5	0,65

Формула регулювального відгалуження:

- РПН $\pm 9 \times 1,78$ %
- ПБЗ $\pm 2 \times 2,5$ %

ДОДАТОК В

ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ №3

Таблиця ДВ.1. Вимірювальні трансформатор струму ТФЗМ-110

Тип	Первинний струм, А	Вторинний струм, А	Вторинне навантаження з $\cos(\varphi)=0,8$, ВА
ТФЗМ 110 Б – І У1	50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800	5	30
ТФЗМ 110 Б – І ХЛ1			
ТФЗМ 110 Б – ІІІ У1	750, 1000, 1500, 2000	1; 5	20
ТФЗМ 110 Б – ІІІ ХЛ1			
ТФЗМ 110 Б – ІV У1	100, 150, 200, 300, 400, 600, 750, 1000, 1200, 1500, 2000	1; 5	30
ТФЗМ 110 Б – ІV ХЛ1			
ТФЗМ 110 Б – ІV Т1			

Таблиця ДВ.2. Вимірювальні трансформатори напруги 110 кВ

Тип	Номінальна напруга первинної обмотки, кВ	Номінальна напруга вторинної обмотки, В	Номінальне вторинне навантаження, в межах класу точності, ВА			Граничне вторинне навантаження, ВА
			0,2	0,5	1,0	
НКФ-110-II У1	110/√3	100/√3	100	200	400	3000
НКФ-110-II Т1						
НКФ-110-II ХЛ1	110/√3	100/√3	-	400	600	2000
НКФ-110-III У1						
НКФ-110-III Т1						
НКФ-110-II У1-I						
Елегазовий						
ЕНОГ-110 У1 або УХЛ1	110/√3	100/√3	150	200	300	1600