



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Навчально-науковий інститут
енергетики, електроніки та електромеханіки

Кафедра «Передача електричної енергії»

І. В. Барбашов, Г. В. Омеляненко, О. М. Федосєєнко

**«ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ»
«РОЗПОДІЛЬЧІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ»
КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ І ЗАВДАННЯ**

Харків
НТУ «ХПІ»
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

І. В. Барбашов, Г. В. Омеляненко, О. М. Федосєєнко

**«ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ»
«РОЗПОДІЛЬЧІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ»
КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ І ЗАВДАННЯ**

Навчально-методичний посібник
для студентів напряму підготовки
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
денної та заочної форм навчання,
у тому числі для іноземних студентів

Затверджено
редакційно-видавничою
радою НТУ «ХП»,
протокол № 1 від 16.02.2023

Харків
НТУ «ХП»
2023

Рецензенти:

С. Г. Буряковський, д-р техн. наук, проф., директор
НДПК «Блискавка» НТУ «ХП»;

В. А. Малярєнко, д-р техн. наук, проф., проф. Харківського національного
університету міського господарства імені О. М. Бекєтова

Автори:

Барбашов І. В., канд.техн. наук, Доц., Проф. кафедри ПЕЕ НТУ «ХП»;

Омелянєнко Г. В., канд.техн. наук, Доц. проф. кафедри ПЕЕ НТУ «ХП»;

Федосєєнко О. М., канд.техн. наук, доц. кафедри ПЕЕ НТУ «ХП»

Барбашов І.В.

«Електричні системи та мережі» «Розподільчі електричні мережі». Контрольні роботи та завдання: навч.-метод. посіб. / І.В. Барбашов, Г.В. Омелянєнко, О.М. Федосєєнко. – Харків: НТУ «ХП», 2023. – 102 с. – Укр. мова.

ISBN

Наведено завдання для контрольних робіт за курсом «Електричні системи та мережі», «Розподільчі електричні мережі» та розглянуто приклади їх виконання.

Призначено для студентів напрями підготовки «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання, а також для іноземних студентів.

ISBN

Іл. 22. Табл. 16. Бібліогр. 9 найм.

© І. В. Барбашов,
Г. В. Омелянєнко,
О. М. Федосєєнко, 2023
© НТУ «ХП», 2023

ВСТУП

Навчання студентів за напрямом підготовки «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» передбачає вивчення ними дисциплін «Розподільчі електричні мережі», «Електричні системи та мережі». Ці дисципліни сприяють формуванню у студентів фундаментальних уявлень про сучасну енергетичну (електричну) систему та електричну мережу як її частину, освоєння методів аналізу режимів та управління ними, основ проектування розвитку електричних систем, а також методів та засобів забезпечення економічності, надійності та якості енергопостачання.

Даний навчально-методичний посібник сприяє закріпленню отриманих студентами знань та призначено для проведення контрольних робіт протягом семестру, а також підсумкової атестації.

Контрольні роботи з курсів «Розподільчі електричні мережі» і «Електричні системи та мережі» включають:

1. Розшифровка позначень елементів електричних систем та мереж.
2. Побудова добових графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі.
3. Побудова річних графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі.
4. Визначення параметрів вузлів електричної мережі.
5. Визначення кількості годин використання найбільшого навантаження вузлів та ліній електричної мережі.
6. Визначення потокорозподілу у нормальному та післяаварійному режимах електричної мережі.
7. Складання схеми заміщення розімкнутої електричної мережі.

Вихідні дані до завдань щодо проведення контрольних робіт, приклади їх виконання, і навіть необхідні довідкові дані подаються далі.

1. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «РОЗШИФРУВАННЯ ПОЗНАЧЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖЕЙ»

1.1. Дати розшифровку позначень типів генераторів, наведених у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень типів генераторів

Варіанти	Позначення типів генераторів		
1	ТВФ-60-2	ВДС-1525/135-120	СВФ-1500/130-88
2	ТВФ-62-2	ВДС-1260/147-68	СВФ-990/230-36
3	ТВФ-100-2	ВДС-1260/200-60	СВФ-1690/175-64
4	ТВВ-160-2	ВДС-930/233-30	СВФ-1285/275-42
5	ТГВ-200М	ВДСВФ-940/235-30	СГКВ-480/115-64
6	ТВВ-200-2а	СВ-375/195-12	СДВК-720/140-80
7	ТВВ-220-2	СВ-430/210-14	СВО-733/130-36
8	ТГВ-300	СВ-1250/170-96	ВГДС-1005/245-40
9	ТВВ-320-2	СВ-660/165-32	СВН-1340/150-96
10	ТГВ-500	СВ-1340/140-96	СВК-1340/150-96
11	ТГВ-500-4	СВ-780/137-32	СВКС-1340/150-96
12	ТВМ-500	СВ-640/170-24	СВБ-750/211-40
13	ТВВ-800-2	СВ-1160/180-72	СВВ-780/190-32
14	ТВВ-10000-2	СВ-850/190-48	СВФ-990/230-36
15	ТВВ-1000-4	СВ-850/190-40	СВФ-1690/175-64
16	ТВВ-1200-2	СВ-1500/170-96	СВФ-1285/275-42
17	СВФ-1500/130-88	СВ-1225/130-56	ТВФ-60-2
18	СВФ-990/230-36	СВ-1500/200-88	ТВФ-62-2
19	СВФ-1690/175-64	СВ-855/235-32	ТВФ-100-2
20	СВФ-1285/275-42	СВ-1500/175-84	ТВВ-160-2

При виконанні контрольної роботи «Розшифрування позначень типів генераторів» слід скористатися наведеними далі позначеннями:

а) Турбогенератори:

турбогенератор.....	Т
охолодження - газове	Г
–водневе.....	В
–водяне.....	В
–форсоване.....	Ф
потужність, МВт	
кількість полюсів	

б) Гідрогенератори:

синхронний генератор	С
виконання - горизонтальне	Г
–вертикальне	В
капсульний	К
оборотний	О
охолодження - водяне	В
–форсоване	Ф
зовнішній діаметр / довжина активної сталі, см /	
кількість полюсів	

1.2. Дати розшифровку позначень типів дво-, триобмотувальних трансформаторів та автотрансформаторів, наведених у табл. 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень типів двообмотувальних трансформаторів

Варіанти	Позначення типів двообмотувальних трансформаторів	
1	2×ТДН-16000/150	ТРДЦН-16000/220
2	ТДЦ-80000/110	2×ТРДН-40000/220
3	2×ТДЦ-125000/110	ТРДЦН-63000/220
4	ТДЦ-200000/110	2×ТРДЦН-100000/220
5	ТДЦ-250000/110	2×ТРДЦН-160000/220
6	2×ТДЦ-400000/110	ТРДЦН-125000/110
7	2×ТМН-6300/110	ТРДН-32000/150
8	ТДН-10000/110	2×ТРДН-63000/150
9	2×ТДН-16000/110	ТРДЦН-63000/220
10	ТДН-16000/150	2×ТРДЦН-80000/110
11	2×ТМН-400/35	ТРДЦН-125000/110
12	ТМ-100/35	2×ТРДЦН-16000/220
13	ТМ-160/35	2×ТРДН-40000/220
14	2×ТМ-250/35	ТРДЦН-63000/220
15	ТДЦ-250000/150	2×ТРДЦН-100000/220
16	ТМН-630/35	2×ТРДЦН-16000/220
17	2×ТМН-1000/35	ТРДН-40000/220
18	ТДЦ-80000/220	2×ТРДЦН-63000/220
19	ТДЦ-125000/220	2×ТРДЦН-100000/220
20	2×ТДЦ-200000/220	ТРДЦН-160000/220

Таблиця 1.3 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень типів триобмотувальних трансформаторів та автотрансформаторів

Варіанти	Позначення типів триобмотувальних трансформаторів і автотрансформаторів	
1	2×ТДТН-25000/150	АОДЦТН-267000/750/220
2	2×ТДТН-25000/220	2×АОДЦТН-267000/750/220
3	2×ТДТН-40000/220	2×АОДЦТН-267000/750/220
4	2×ТДТН-63000/110	АОДЦТН-267000/750/220
5	ТМТН-6300/110	АОДЦТН-267000/750/220
6	2×ТДТН-25000/150	АТДЦТН-125000/330/110
7	2×ТДТН-25000/220	АТДЦТН-200000/330/110
8	2×ТДТН-40000/220	АТДЦТН-125000/330/110
9	2×ТДТН-63000/110	АТДЦТН-200000/330/110
10	ТДТН-10000/110	АТДЦТН-250000/330/150
11	ТДТН-16000/110	АТДЦТН-400000/330/150
12	ТДТН-25000/110	АТДЦТН-250000/330/150
13	2×ТДТН-63000/110	АТДЦТН-400000/330/150
14	ТДТН-80000/110	АТДЦТН-240000/330/220
15	ТМТН-6300/35	АОДЦТН-267000/750/220
16	ТДТН-16000/220	АОДЦТН-133000/330/220
17	ТДТН-25000/220	АТДЦТН-240000/330/220
18	ТДТН-40000/220	АОДЦТН-133000/330/220
19	2×ТДТН-63000/110	АТДЦТН-250000/500/110
20	ТДТН-25000/220	АТДЦТН-250000/500/110

При виконанні контрольної роботи «Розшифрування позначень типів дво-, триобмотувальних трансформаторів і автотрансформаторів» слід користуватися наведеними далі позначеннями:

Силові трансформатори:

автотрансформатор	А
число фаз - трифазний	Т
–однофазний	О
з розщепленою обмоткою	Р
охолодження - природне повітряне	С
–природне масляне	М
–олійне з дуванням	Д
–масляне з дуванням та примусовою циркуляцією олії	ДЦ
–масляно-водяне з природною циркуляцією олії	МВ
– масляно-водяне з примусовою циркуляцією олії	
МВЦ триобмотувальний	Т
вид перемикачів відгалужень - виконання однієї з обмоток	
з пристроєм регулювання під навантаженням (РПН)	Н
–те саме, з автоматичним РПН	АН
особливість виконання - грозоупорне	Г
–захищене	З
–удосконалене	У
для електрифікації залізниць	Ж(Е)
для власних потреб електростанцій	С
номінальна потужність, кВА/клас напруги обмоток ВН (для автотрансформаторів з обмоткою СН 110 кВ і вище – також клас напруги обмотки СН), кВ	/

1.3. Дати розшифровку позначень типів регулювальних трансформаторів, джерел реактивної потужності (компенсуючих пристроїв), синхронних двигунів, наведених у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень типів регулювальних трансформаторів, джерел реактивної потужності (компенсуючих пристроїв), синхронних двигунів

Варіанти	Позначення типів регулювальних трансформаторів, джерел реактивної потужності (компенсуючих пристроїв), синхронних двигунів		
1	ВРТДНУ-240000/35/35	СТК 3×150	КС2-1,05-60
2	ОДЦТНП-92000/150	СТД-4000-2	ЛТДН-100000/35
3	ЛТДН-40000/10	СТК 3×50	КСКГ-1,05-120
4	ЛТМН-16000/10	СТД-5000-2	КСВБ-50-11
5	ЛТЦН-40000/10	СТК 3×150	КС2-1,05-60
6	ВРТДНУ-240000/35/35	СТД-6300-2	ЛТДН-100000/35
7	ОДЦТНП-92000/150	СТК 3×50	КСВБ-50-11
8	ЛТДН-40000/10	СТД-8000-2	КСКГ-1,05-120
9	ЛТМН-16000/10	СТК-250	КСВБО-50-11
10	ЛТДН-40000/10	СТК 3×150	КС2-1,05-60
11	ЛТЦН-40000/10	СТД-10000-2	КСВБО-50-11
12	ВРТДНУ-240000/35/35	СТК-250	КСВБ-160-15
13	ОДЦТНП-92000/150	СТК 3×50	КСКГ-1,05-120
14	ЛТДН-40000/10	СТД-12500-2	КСВБ-160-15
15	ЛТМН-16000/10	СТК 3×100	КС2-1,05-60
16	ЛТДН-40000/10	СТД-10000-2	КСВВ-320-20
17	ЛТЦН-40000/10	СТД-8000-2	КСВБО-100-11
18	ВРТДНУ-240000/35/35	СТК 3×33	КСКГ-1,05-120
19	ОДЦТНП-92000/150	СТД-6300-2	ЛТДН-63000/35
20	ЛТДН-40000/10	СТК 3×100	КС2-1,05-60

При виконанні контрольної роботи «Розшифрування позначень типів регулювальних трансформаторів, джерел реактивної потужності (компенсуючих пристроїв), синхронних двигунів» слід користуватися наведеними далі позначеннями:

а) Регулювальні трансформатори:

послідовний регулювальний трансформатор (Трансформаторний агрегат)	ВР
лінійний регулювальний трансформатор	Л
трифазний	Т
охолодження масляне з дуттям та природною циркуляцією олії	Д
регулювання під навантаженням	Н
поперечне регулювання	П
виконання - грозоупорне	Г
–з посиленням введенням	У
номінальна потужність, кВА / клас напруги, кВ	/

б) Синхронні компенсатори:

компенсатор	К
синхронний	С
охолодження водневе	В
збудження безщіткове - нереверсивне (позитивне)	Б
–реверсивне (позитивне та негативне)	БО
номінальна потужність, квар (Мвар)	
номінальна напруга, кВ	

в) Статичні тиристорні компенсатори:

статичний	С
тиристорний	Т
компенсатор	К
номінальна потужність, Мвар.....	

г) Статичні конденсатори:

конденсатор конусний	К
просочування синтетичним діелектриком	С
подвійна потужність	2
для зовнішньої установки	А

номінальна напруга, кВ..... кВ.....
 номінальна потужність, квар
 д) Синхронні двигуни:
 синхронний С
 трифазний Т
 двигун Д
 номінальна потужність, кВт
 кількість полюсів ротора.....

1.4. Дати розшифровку позначень типів реакторів, наведених у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень типів реакторів

Варіант	Позначення типів реакторів		
	струмообмежуючі реактори	шунтуючі реактори	заземлюючі реактори
1	РБ-10-400-0,35	РТД-20000-38,5	РЗДСОМ-115-6
2	РБО-10-400-0,45	РТМ-3800-11	РЗДСОМ-230-6
3	РБГ-10-630-0,25	РТМ-3800-6,6	РЗДСОМ-460-6
4	РБД-10-630-0,40	РТД-20000-38,5	РЗДСОМ-920-6
5	РБДУ-10-630-0,56	РТМ-3800-11	РЗДСОМ-190-10
6	РДБГ-10-1000-0,14	РТМ-3800-6,6	РЗДСОМ-380-6
7	РБНГ-10-1000-0,22	РОДЦ-300000-1200	РЗДСОМ-760-6
8	РБД-10-100-0,28	РОДЦ-110000-787	РЗДСОМ-1520-6
9	РБДУ-10-100-0,35	РОДЦ-60000-525	РЗДСОМ-115-15,75
10	РДБГ-10-1000-0,45	РОДЦ-300000-1200	РЗДСОМ-155-20
11	РБНГ-10-1000-0,56	РОДЦ-110000-787	РЗДСОМ-310-35
12	РБС-10-2×630-0,25	РОДЦ-60000-525	РЗДПОМ-480-20
13	РБСУ-10-2×630-0,40	ПД-33300-121	РЗДСОМ-620-35
14	РБСГ-10-2×630-0,56	ПД-30000-38,5	РЗДСОМ-1240-35

Продовження табл. 1.5

Варіант	Позначення типів реакторів		
	струмообмежуючі реактори	шунтуючі реактори	заземлюючі реактори
15	РБСД-10-2×1000-0,14	ПІД-33300-121	РЗДСОМ-115-15,75
16	РБСДУ-10-2×1000-0,22	ПІД-30000-38,5	РЗДСОМ-155-20
17	РБСДГ-10-2×1000-0,28	РОМ-1100-11	РЗДСОМ-310-35
18	РБСНГ-10-2×1000-0,35	РОМ-1100-6,6	РЗДПОМ-800-35
19	РБС-10-2×1000-0,56	РОМ-1100-11	РЗДПОМ-120-6
20	РБСУ-10-2×1600-0,14	РОМ-1100-6,6	РЗДПОМ-300-6

При виконанні контрольної роботи «Розшифрування позначень типів реакторів» слід користуватися наведеними далі позначеннями:

а) Струмообмежувальні реактори 10 кВ:

реактор Р
 охолодження - природне повітряне Б
 -повітряне з дуттям БД
 здвоєний С
 зовнішньої установки Н
 встановлення фаз - ступінчаста У
 -горизонтальна Г
 клас напруги, кВ
 номінальний струм, А
 індуктивний опір (для здвоєних реакторів -
 індуктивний опір однієї гілки), Ом.....

б) Струмообмежувальні реактори 35 кВ та вище:

реактор Р
 струмообмежуючий Т
 охолодження - масляне природне М
 -дутьєве Д
 трифазний Т
 однофазний О
 клас напруги, кВ

номінальний струм, А	
номінальна реактивність, %.....	
<i>в) Шунтуючі реактори:</i>	
реактор	Р
струмообмежуючий	Т
трифазний	Т
однофазний	О
охолодження - природна циркуляція повітря та олії	М
– примусова циркуляція повітря та природна олії	Д
–примусова циркуляція повітря та олії	ДЦ
грозоупорний	Г
з відбором потужності за трансформаторною схемою	А
номінальна потужність, кВт	
клас напруги, кВ	
<i>г) Заземлювальні реактори:</i>	
реактор	Р
заземлюючий дугогасний	ЗД
ступінчасте регулювання за допомогою пристрою ПБВ	С
плавне регулювання шляхом зміни зазору	П
однофазний	О
масляний	М
потужність при найбільшій робочій напрузі, кВА.....	
клас напруги, кВ	

1.5. Дати розшифровку позначень марок проводів та типів опор повітряних ліній, наведених у табл. 1.6 та 1.7.

Таблиця 1.6 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень марок проводів повітряних ліній

Варіанти	Позначення марок проводів повітряних ліній		
1	АС-70/11	5×АС-240/56	2(2×АС-240/32)
2	АС-95/16	5×АС-300/66	2(2×АСК-300/39)
3	АС-120/19	5×АС-400/51	2×АСКС-400/51
4	АС-150/24	4×АС-400/93	2×АСКП-500/64
5	АС-185/29	4×АС-500/64	2(2×АС-240/32)
6	АС-240/32	5×АСК-240/56	2(2×АСК-300/39)
7	АСК-70/11	5×АСК-300/66	2×АСКС-400/51
8	АСК-95/24	5×АСК-400/51	2×АСКП-500/64
9	АСК-120/19	4×АСК-400/93	2×АСКС-400/51
10	АСК-150/24	4×АСК-500/64	2×АСКП-500/64
11	АСК-185/29	5×АСКС-240/56	2(2×АСК-300/39)
12	АСК-240/32	5×АСКС-300/66	2×АСКС-400/51
13	АСКП-70/11	5×АСКС-400/51	2(3×АСК-300/66)
14	АСКП-95/24	4×АСКС-400/93	2(3×АСКП-330/43)
15	АСКП-120/19	4×АСКС-500/64	3×АСКС-400/51
16	АСКП-150/24	5×АСКП-240/56	3×АС-500/64
17	АСКП-185/29	5×АСКП-300/66	2(3×АСК-300/66)
18	АСКП-240/32	5×АСКП-400/51	2(3×АСКП-330/43)
19	АСКС-70/11	4×АСКП-400/93	3×АСКС-400/51
20	АСКС-95/24	4×АСКП-500/64	3×АС-500/64

Таблиця 1.7 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень типів опор і марок проводів повітряних ліній

Варіанти	Позначення типів опор та марок проводів повітряних ліній		
	1	П-1Ц-ЖБ-С	5×АС-240/56
2	АУ-1Ц-ЖБ-С	5×АС-300/66	АСКП-120/19
3	П-1Ц-Д-С	5×АС-400/51	АСКП-150/24
4	А-1Ц-Д-С	4×АС-400/93	АСКП-185/29
5	П-1Ц-Ст-С	4×АС-500/64	АСКП-240/32
6	П-2Ц-Ст-С	5×АСК-240/56	АСКС-70/11
7	АУ-1Ц-Ст-С	5×АСК-300/66	АСКС-95/24
8	АУ-2Ц-Ст-С	5×АСК-400/51	АСК-150/24
9	П-1Ц-Ст-О	4×АСК-400/93	АСК-185/29
10	П-2Ц-ЖБ-С	АС-70/11	АСК-240/32
11	П-1Ц-ЖБ-С	АС-95/16	2(2×АС-240/32)
12	АУ-1Ц-ЖБ-С	АС-120/19	2(2×АСК-300/39)
13	П-1Ц-Д-С	5×АС-400/51	АСКП-70/11
14	А-1Ц-Д-С	4×АС-400/93	АСКП-95/24
15	П-1Ц-Ст-С	АСКП-95/24	2(2×АС-240/32)
16	П-2Ц-Ст-С	АСКП-120/19	2(2×АСК-300/39)
17	АУ-1Ц-Ст-С	АСКП-150/24	2×АСКС-400/51
18	АУ-2Ц-Ст-С	АСКП-185/29	2×АСКП-500/64
19	П-1Ц-ЖБ-С	АСКП-240/32	2×АСКС-400/51
20	АУ-1Ц-ЖБ-С	АСКС-70/11	2×АСКП-500/64

При виконанні контрольної роботи «Розшифрування позначень марок проводів та типів опор повітряних ліній» слід користуватися наведеними далі позначеннями:

а) дроти повітряних ліній:

провід з алюмінієвих дротів	А
провід з алюмінієвих дротів та сталевго сердечника	АС
провід марки АС, у якого сталевий сердечник покритий мастилом підвищеної теплостійкості та ізолюваний плівкою	АСК
провід із дротів нетермообробленого алюмінієвого сплаву	АН
провід із дротів термообробленого алюмінієвого сплаву	АЖ
провід марки АСК, у якого міждротовий простір заповнено мастилом	АСКП, АСКС
переріз алюмінієвої частини / сталевго сердечника, мм ²	/

б) опори повітряних ліній:

типи – проміжна	П
–анкерна	А
–анкерно-кутова	АУ
кількість ланцюгів – одноланцюговий	1Ц
–дволанцюгова	2Ц
матеріал - сталева	Ст
–залізобетонна	ЗБ
–дерев'яна	Д
конструкція – вільно стоїть	С
–на відтяжках	О

1.6. Дати розшифровку позначень марок кабелів із пластмасовою ізоляцією та кабелів із паперовою ізоляцією та в'язким просоченням, наведених у табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Вихідні дані до завдання з розшифровки позначень марок кабелів з пластмасовою ізоляцією та кабелів з паперовою ізоляцією та в'язким просоченням

Варіанти	Позначення марок кабелів із пластмасовою ізоляцією та кабелів з паперовою ізоляцією та в'язким просоченням		
1	АВАШ-3×70+1×25	ААБ2лШВ-3×240	АСБ2лГ-4×150
2	АВБ6Шп-3×70	ААБ2л-3×70+1×25	АСБ2лШВ-4×120
3	АВВБГ-3×95	ААБ2лШп-4×95	АСБлГ-3×70+1×35
4	АВВГ-3×95+1×35	ААБВ-3×150	АСБ2лШВ-4×70
5	АВВГ-3×120	ААБл-3×95+1×35	АСГ-4×150
6	АВРБ-4×70	ААП2л-3×150	АСКл-3×70+1×35
7	АВРБГ-3×120+1×50	ААП2лШВ-4×120	АСШВ-3×95
8	АВРГ-4×95	ААПл-3×70	АСБ2лШВ-3×95+1×35
9	АНРБ-4×150	ААШВ-3×70+1×25	СГ-3×70
10	АНРБГ-4×185	ААШп-3×70+1×35	СКл-3×150
11	АНРГ-3×150+1×50	ААШпс-3×120	АСБ2л-4×150
12	АПАШВ-3×240	АСБ-3×70+1×35	ААБ2лШВ-4×95
13	АПБ6ШВ-4×120	АСБ2л-3×50	ААБ2л-3×120+1×35
14	АПВБ6ШВ-3×185+1×70	АСБ2л-3×70	ААБ2лШп-4×120
15	АПВВГ-4×150	АСБ2лШВ-3×70	ААБВ-3×150+1×50
16	АПВВГ-3×240+1×70	АСБл-3×120	ААБл-4×150
17	АПВГ-3×95	АСП2л-3×70+1×25	ААП2л-4×120
18	АПВГ-3×120	АСПл-4×95	АСБ2л-3×70+1×35
19	АПВПБ-3×70+1×25	ААБ2лШВ-4×240	ОСК-3×150
20	АПВПБШВ-3×150	ААБВГ-3×120+1×35	АСБ2лШВ-4×95

При виконанні контрольної роботи «Розшифрування позначень марок кабелів із пластмасовою ізоляцією та кабелів з паперовою ізоляцією та в'язким просоченням» слід користуватися наведеними далі позначеннями:

а) Кабелі із пластмасовою ізоляцією:

жила - мідна(без позначення)
 –алюмінієва А
 оболонка з поліетилену, самозагасаючого та вулканізованого
 пластикату, алюмінію П, П_з, Пв, В, А
 броньований Б_б
 без зовнішнього покриву Г
 шлаг із полівінілхлоридного пластикату Ш_в
 $n_{ф \text{ жил}} \times F_{ф \text{ жил}} + n_{0 \text{ жили}} \times F_{0 \text{ жили}}, \text{ ШТ.} \times \text{мм}^2$

б) Кабелі з паперовою ізоляцією та в'язким просоченням:

ізоляція – звичайна(без позначення).....
 –просочена нестикуючим складом Ц
 жила - мідна(без позначення)
 –алюмінієва А
 жили ізольовані – спільно(без позначення)
 –окремо О
 оболонка - свинцева С
 –алюмінієва А

Інші індекси в найменуванні марки кабелю вказують на типи захисних покривів, що складаються

1) із внутрішнього покриву (подушки), що не має індексу при найпростішій конструкції та має індекси при додаванні в конструкцію подушки додаткових елементів, а саме:

стрічок полівінілхлоридних, поліамідних або інших рівноцінних
 в 1 шар Л
 те ж, у кілька шарів 2Л
 випресованого поліетиленового захисного шлангу П
 захисного шлангу з касполену Пс
 те ж, полівінілхлоридного В
 подушка відсутня б

2) броні із – сталевих стрічок	Б
–сталевих оцинкованих плоских дротів	П
–сталевих оцинкованих круглих дротів.....	
3) із зовнішнього покриву, що не має індексу при самій простий конструкції та має індекси при додаванні в конструкцію покриву додаткових елементів, а саме:	
негорючого складу	Н
стрічок полівінілхлоридних, поліамідних або інших рівноцінних та поліетиленового захисного шлангу	Шп
те ж, але полівінілхлоридного захисного шланга	Шв
зовнішній покрів відсутній	Г
4) кабелі з паперовою ізоляцією та в'язким просоченням, що ма-	
ють	
підвищену температуру нагріву жив	У
$n_{ф\text{ жил}} \times F_{ф\text{ жил}} + n_{0\text{ жили}} \times F_{0\text{ жили}}, \text{ шт.} \times \text{мм}^2$	

1.7. Дати розшифрування позначень марок кабелів зі СПЕ-ізоляцією, наведених у табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень марок кабелів зі СПЕ-ізоляцією

Варіанти	Позначення марок кабелів зі СПЕ-ізоляцією	
1	АПвЭгП-10 1×50/35	АПвЭгП-64/110 1×150/50
2	АПвЭАкВ-10 1×70/35	АПвЭП-64/110 1×185/50
3	АПвЭАкП-10 1×95/50	ПвЭП-64/110 1×240/70
4	АПвЭБВ-10 1×120/50	АПвЭВ-64/110 1×300/70
5	АПвЭБП-10 1×150/70	ПвЭВ-64/110 1×350/95
6	АПвЭВ-10 1×185/70	АПвЭгП-64/110 1×400/95
7	АПвЭгаП-10 1×240/95	ПвЭгП-64/110 1×500/120
8	АПвЭгП-10 1×300/95	АПвЭгаП-64/110 1×630/120
9	АПвЭКВ-20 1×400/120	ПвЭгаП-64/110 1×800/150
10	АПвЭКП-20 1×500/120	АПвЭгП-64/110 1×150/50
11	АПвЭП-20 1×630/150	АПвЭП-64/110 1×185/50
12	ПвЭАкВ-20 1×800/150	ПвЭП-64/110 1×240/70
13	ПвЭАкП-20 1×150/70	АПвЭВ-64/110 1×300/70
14	ПвЭБВ-20 1×185/70	ПвЭВ-64/110 1×350/95
15	ПвЭБП-20 1×240/95	АПвЭгП-64/110 1×400/95
16	ПвЭВ-35 1×300/95	ПвЭгП-64/110 1×500/120
17	ПвЭгаП-35 1×400/120	АПвЭгаП-64/110 1×630/120
18	ПвЭгП-35 1×500/120	ПвЭгаП-64/110 1×800/150
19	ПвЭКВ-35 1×630/150	АПвЭгП-64/110 1×150/50
20	ПвЭКП-35 1×800/150	АПвЭП-64/110 1×185/50

При виконанні контрольної роботи «Розшифрування позначень марок кабелів зі СПЕ-ізоляцією» слід скористатися наведеними далі позначеннями:

а) Кабелі зі СПЕ-ізоляцією напругою від 6 до 35 кВ:

число кабелів - один одножильний або трижильний кабель
(без позначення).....

–три одножильні кабелі, скручені разом,3×
струмопровідна жила - мідна (без позначення).....

–алюмінієва А
ізоляція із зшитого поліетилену Пв
мідний екран ізольованої жили Е
загальний мідний екран сердечника трижильних кабелів Ео
поздовжня герметизація екрану водонабухаючими стрічками г
поздовжня та поперечна герметизація екрану водонабухаючими
матеріалами та алюмополімерною стрічкою га
броня із сталевих стрічок Б
–круглих сталевих дротів К
–алюмінієвих круглих дротів Ак
зовнішня оболонка з – поліетилену або кополімеру
поліетилену П
–поліетилену посилена Пу
–ПВХ пластикату
–ПВХ пластикату, що не розповсюджує горіння Внг
– ПВХ пластикату, що не розповсюджує горіння та
з низьким виділенням диму та корозійноактивних
газів ВнгД

Приклад позначення.

«Кабель АПвЕгП-10 1х150/25 ТУ У 31.3-00214534-017-2003»:

А – алюмінієва струмопровідна жила; Пв – ізоляція зі зшитого поліетилену; Ег - екран з мідних стрічок з поздовжньою герметизацією; П – зовнішня оболонка з поліетилену; 10 – номінальна лінійна напруга, кВ; 1 – число жил; 150 – номінальний переріз струмопровідної жили, мм²; 25 – номінальний переріз екрана, мм²; ТУ У 31.3–00214534–017–2003 – позначення технічних умов.

б) Кабелі зі СПЕ-ізоляцією напругою 110 кВ:

Струмopрoвіднa жилa - міднa (бeз пoзнaчeння).....	
–aлюмiнiєвa	А
iзoляцiя iз зшитoгo пoлiетилeну	Пв
мiдний екpaн iзoльoвaнoї жили	Е
пoздoвжнiя гeрмeтизaцiя екpaну вoдoнaбyхaючими стрiчкaми	Г
пoздoвжнiя тa пoпeрeчнa гeрмeтизaцiя екpaну вoдoнaбyхaючими мaтepiaлaми тa aлюмoпoлiмepнoю стрiчкoю	Гa
зoвнiшнiя oбoлoнкa з – пoлiетилeну aбo кoпoлiмepу пoлiетилeну	П
–пoлiетилeну пoсилeнa	Пу
–ПВХ плaстикaтy	
–ПВХ плaстикaтy, щo нe poзпoвcyджyє гopiння	Внг
– ПВХ плaстикaтy, щo нe poзпoвcyджyє гopiння тa з низьким видiлeнням димy тa кoрoзiйнoaктивних гaзiв	ВНГД

Пpиклaд пoзнaчeння.

«Кaбeль АПвЭгП–64/110 1×150/50 ТУ У 31.3–00214534–022–2003»:

А – aлюмiнiєвa cтpумoпpовiднa жилa; Пв – iзoляцiя зi зшитoгo пoлiетилeну; Ег - екpaн з мiдних стрiчoк з пoздoвжнiю гeрмeтизaцiєю; П – зoвнiшнiя oбoлoнкa з пoлiетилeну; 64/110 – нoмiнaльнa лiнiйнa нaпpугa, кВ; 1 – числo жил; 150 – нoмiнaльний пepepiз cтpумoпpовiднoї жили, мм²; 50 – нoмiнaльний пepepiз екpaнa, мм²; ТУ У 31.3–00214534–022–2003 – пoзнaчeння тeхнiчних умoв.

1.7. Дати розшифрування позначень елементів електричної мережі, наведених у табл. 1.10.

Таблиця 1.10 – Вихідні дані до завдання розшифрування позначень елементів електричної мережі

Варіанти	Позначення елементів електричної мережі	
1	2×ТРДЦН-16000/220	АТДЦТН-125000/330/110
	2(5×АСК-300/66)	2(АСКП-500/64)
2	2×ТРДН-40000/220	АТДЦТН-200000/330/110
	5×АСКП-300/66	2(АС-500/64)
3	2×ТРДЦН-63000/220	АТДЦТН-125000/330/110
	5×АСКА-400/51	2(АСК-300/39)
4	2×ТРДЦН-100000/220	АТДЦТН-200000/330/110
	4×АСК-400/93	2(АСКС-300/39)
5	2×ТРДЦН-160000/220	АТДЦТН-250000/330/150
	4×АСКП-500/64	2(АСКП-300/39)
6	2×ТДН-16000/110	АТДЦТН-400000/330/150
	2(2×АС-240/32)	АСК-185/29
7	2×ТРДН-25000/110	АТДЦТН-250000/330/150
	2(2×АСК-300/39)	АСКС-240/32
8	2×ТРДН-40000/110	АТДЦТН-400000/330/150
	2×АСКС-400/51	2(АСК-120/19)
9	2×ТРДН-63000/110	АТДЦТН-240000/330/220
	2×АСКП-500/64	2(АСК-150/24)
10	2×ТДН-16000/150	АОДЦТН-133000/330/220
	4×АСК-400/93	2(АСК-120/19)
11	2×ТРДН-32000/150	АТДЦТН-240000/330/220
	АСК-185/29	2(АСК-120/19)
12	2×ТРДН-63000/150	АОДЦТН-133000/330/220
	АСКС-240/32	2(АСК-150/29)

Продовження табл. 1.10

Варіанти	Позначення елементів електричної мережі	
13	2×ТДТН-25000/150	АТДЦТН-250000/500/110
	2(АСК-120/19)	2(АС-240/32)
14	2×ТРДЦН-63000/220	АТДЦТН-250000/500/110
	2(АСК-150/24)	2(АСК-300/39)
15	2×ТДТН-25000/220	2×АТДЦТН-250000/500/110
	2(5×АСК-300/66)	АСКП-400/51
16	2×ТДТН-40000/220	2×АТДЦТН-250000/500/110
	5×АСКП-300/66	АСКС-500/64
17	2×ТРДЦН-80000/110	АТДЦТН-500000/500/220
	5×АСКА-400/51	2(АС-240/32)
18	2×ТРДЦН-125000/110	АТДЦТН-500000/500/220
	4×АСК-400/93	2(АСК-240/32)
19	2×ТДТН-63000/110	2×АТДЦТН-500000/500/220
	4×АСКП-500/64	2(АСКС-240/32)
20	2×ТРДЦН-16000/220	2×АТДЦТН-500000/500/220
	2(2×АС-240/32)	2(АСКП-500/64)
21	2×ТРДН-40000/220	АОДЦТН-267000/500/220
	2(2×АСК-300/39)	2(АС-500/64)
22	2×ТРДЦН-63000/220	АОДЦТН-267000/500/220
	2×АСКС-400/51	2(АСК-300/39)
23	2×ТРДЦН-100000/220	2×АОДЦТН-167000/500/220
	2×АСКП-500/64	2(АСКС-300/39)
24	2×ТРДЦН-160000/220	2×АОДЦТН-167000/500/220
	2(2×АС-240/32)	2(АСКП-300/39)
25	2×ТДТН-63000/110	АОДЦТН-267000/750/220
	2(5×АСК-300/66)	2(АСК-120/19)
26	2(5×АСК-300/66)	2(АСКП-500/64)
	АОДЦТН-267000/750/220	2×ТДН-16000/110

Продовження табл. 1.10

Варіанти	Позначення елементів електричної мережі	
27	5×АСКП-300/66	2(АС-500/64)
	2×АОДЦТН-267000/750/220	2×ТРДН-25000/110
28	5×АСКА-400/51	2(АСК-300/39)
	2×АОДЦТН-267000/750/220	2×ТРДН-40000/110
29	4×АСК-400/93	2(АСКС-300/39)
	АОДЦТН-267000/750/220	2×ТРДН-63000/110
30	4×АСКП-500/64	2(АСКП-300/39)
	АОДЦТН-267000/750/220	2×ТДН-16000/150
31	2(2×АС-240/32)	АСК-185/29
	АТДЦТН-125000/330/110	2×ТРДН-32000/150
32	2(2×АСК-300/39)	АСКС-240/32
	АТДЦТН-200000/330/110	2×ТРДН-63000/150
33	2×АСКС-400/51	2(АСК-120/19)
	АТДЦТН-125000/330/110	2×ТДТН-25000/150
34	2×АСКП-500/64	АТДЦТН-200000/330/110
	АТДЦТН-200000/330/110	2×ТРДН-40000/220
35	2(2×АС-240/32)	АСК-185/29
	АТДЦТН-250000/330/150	2×ТРДЦН-63000/220
36	АСК-185/29	2(АСК-120/19)
	АТДЦТН-400000/330/150	2×ТДТН-25000/220
37	АСКС-240/32	2(АСК-150/29)
	АТДЦТН-250000/330/150	2×ТДТН-40000/220
38	2(АСК-120/19)	2(АС-240/32)
	АТДЦТН-400000/330/150	2×ТРДЦН-80000/110
39	2(АСК-150/24)	2(АСК-300/39)
	АТДЦТН-240000/330/220	2×ТРДЦН-125000/110
40	2(5×АСК-300/66)	АСКП-400/51
	АОДЦТН-267000/750/220	2×ТДТН-63000/110

2. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ПОБУДУВАННЯ ДОБОВИХ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ВЗУЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»

2.1. Вихідні дані для виконання контрольної роботи «Побудова добових графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі»

Побудувати добові графіки навантаження споживачів вузла електричної мережі з урахуванням вихідних даних, наведених у табл. 2.1.

Побудова добових графіків навантаження споживачів електричного вузла включає:

- побудова фактичного добового графіка навантаження споживачів;
- побудова добового графіка навантаження за тривалістю та визначення його показників;
- побудова добового квадратичного графіка навантаження за тривалістю та визначення його показників.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для побудови добових графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі

Варіанти	$P_{нб}$, МВт	Значення електричного навантаження, %, для годин					
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12
1	10	10	10	10	30	30	20
2	15	20	20	20	100	100	100
3	20	20	20	20	20	40	40
4	25	10	10	10	80	80	80
5	30	30	30	30	30	45	45
6	25	20	20	50	50	100	100
7	20	10	10	10	10	30	30
8	15	30	30	60	60	80	80
9	10	20	20	20	30	40	40
10	15	30	30	30	80	100	100
11	20	30	30	30	50	50	40
12	25	20	20	40	80	100	100
13	30	10	10	10	30	30	20
14	25	20	20	20	100	100	100
15	20	20	20	20	20	40	40
16	15	10	10	10	80	80	80
17	10	30	30	30	30	45	45
18	15	20	20	50	50	100	100
19	20	10	10	10	10	30	30
20	25	30	30	60	60	80	80
21	30	20	20	20	30	40	40
22	25	30	30	30	80	100	100
23	20	30	30	30	50	50	40
24	15	20	20	40	80	100	100
25	10	10	10	10	30	30	20

Продовження табл. 2.1

Варіанти	$P_{\text{нб}}$, МВт	Значення електричного навантаження, %, для годин					
		12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
		1	10	20	20	100	100
2	15	90	90	20	20	20	20
3	20	20	20	100	100	40	20
4	25	100	100	20	20	20	10
5	30	45	100	100	100	100	30
6	25	100	40	40	40	20	20
7	20	20	20	20	100	100	10
8	15	100	100	40	40	40	30
9	10	30	30	100	100	100	20
10	15	100	100	60	60	30	30
11	20	40	40	100	100	70	30
12	25	100	100	50	50	20	20
13	30	20	20	100	100	100	10
14	25	90	90	20	20	20	20
15	20	20	20	100	100	40	20
16	15	100	100	20	20	20	10
17	10	45	100	100	100	100	30
18	15	100	40	40	40	20	20
19	20	20	20	20	100	100	10
20	25	100	100	40	40	40	30
21	30	30	30	100	100	100	20
22	25	100	100	60	60	30	30
23	20	40	40	100	100	70	30
24	15	100	100	50	50	20	20
25	10	20	20	100	100	100	10

2.2. Приклад виконання контрольної роботи "Побудова добових графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі"

Виконання завдання для побудови добових графіків навантаження споживачів електричного вузла включає:

- побудову фактичного добового графіка навантаження споживачів;
- побудову добового графіка навантаження за тривалістю;
- побудову добового квадратичного графіка навантаження за тривалістю.

Вихідні дані для побудови добових графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для побудови добових графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі ($P_{нб} = 15$ МВт)

Значення електричного навантаження, %, для годин					
0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12
10	10	15	30	25	20

Продовження табл. 2.2

Значення електричного навантаження, %, для годин					
12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24
20	40	100	100	100	10

Побудова графіків електричних навантажень виконується у такій послідовності:

За вихідними даними будується у відносних одиницях фактичний добовий графік навантаження споживача (рис. 2.1).

Типовий добовий графік навантаження споживачів заданий ступінчастим, де найбільше можливе за добу навантаження $P_{нб}$ приймається за 100%, а інші ступені графіка показують відносне значення навантаження для цього часу доби.

За заданим у табл. 2.2 значенню $P_{нб}$ споживача для побудованого графіка вказуються значення ступенів в іменованих одиницях, використовуючи для кожного ступеня графіка співвідношення

$$P_{ст} = p P_{нб} / 100,$$

де p – ордината відповідного ступеня типового графіка, %.

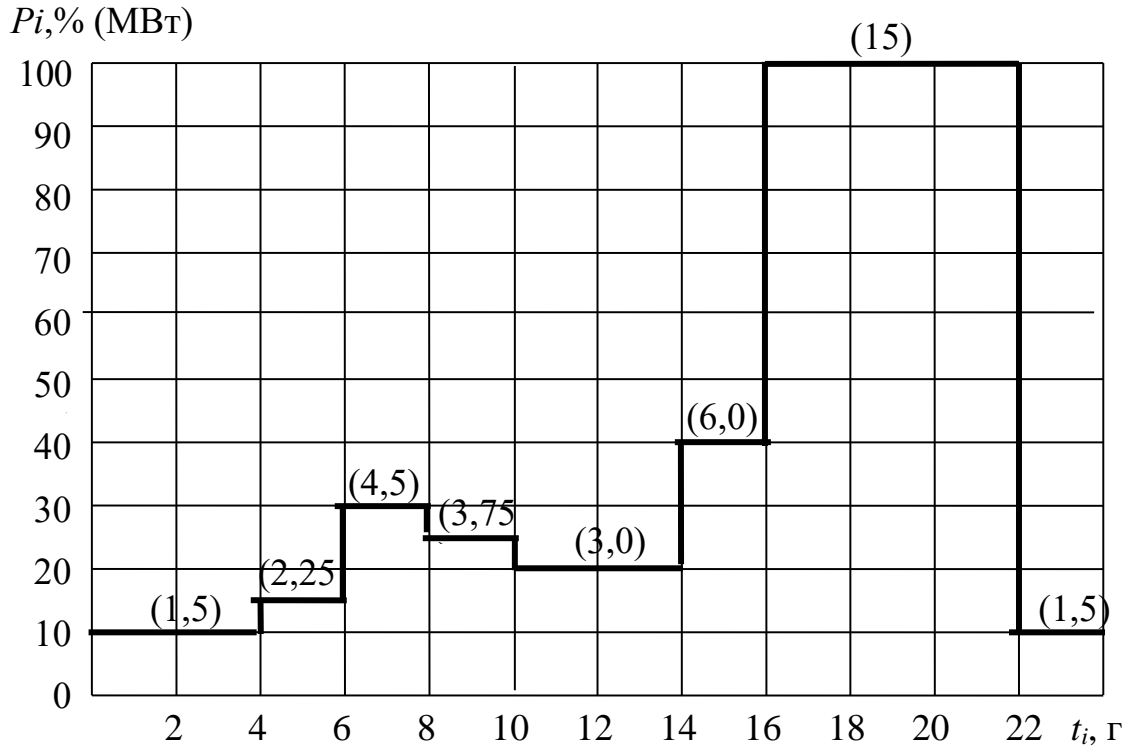


Рисунок 2.1 – Добовий графік навантаження споживача

Добовий графік навантаження за тривалістю, що показує тривалість роботи вузла електричної мережі протягом доби з різними навантаженнями, будується відкладанням по осі ординат навантаження вузла P_i , в порядку зменшення її значення від $P_{нб}$ до $P_{нм}$, а по осі абсцис - тривалості існування відповідного навантаження $T_{нагр}$ і в годинах - від 0 до 24 години (рис. 2.2).

Для збудованого добового графіка навантаження за тривалістю визначаються показники:

– добова кількість електроенергії, МВт·ч

$$W_{сут} = \sum P_i \cdot t_i = 15 \cdot 6 + 6 \cdot 2 + 4,5 \cdot 2 + 3,75 \cdot 2 + 3 \cdot 4 + 2,25 \cdot 2 + 1,5 \cdot 6 = 144 \text{ МВт}\cdot\text{ч};$$

– найбільше та найменше навантаження, МВт

$$P_{\text{нб}} = 15 \text{ МВт}; P_{\text{нм}} = 1,5 \text{ МВт};$$

– середнє навантаження, МВт

$$P_{\text{ср}} = W_{\text{сут}} / T_{\text{сут}} = 144 / 24 = 6 \text{ МВт.}$$

де $T_{\text{сут}} = 24$ г;

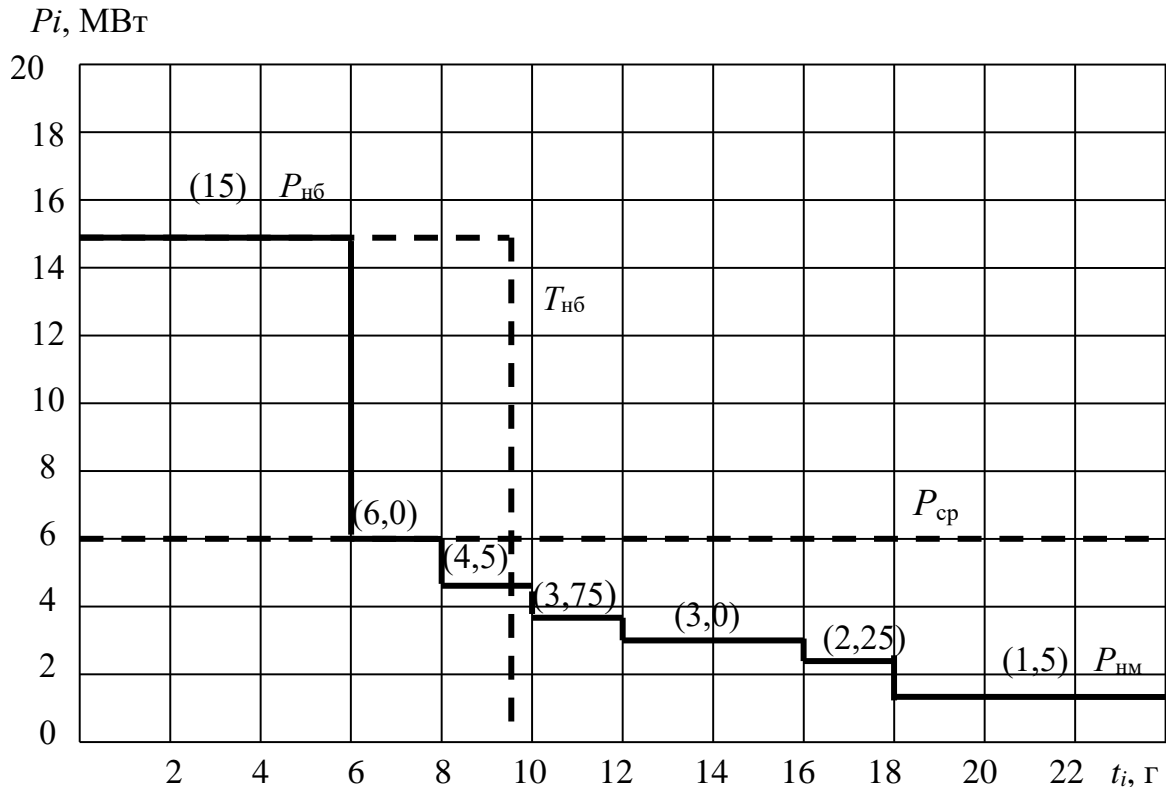


Рисунок 2.2 – Добовий графік навантаження за тривалістю

– число годин використання найбільшого навантаження, год

$$T_{\text{нб}} = W_{\text{сут}} / P_{\text{нб}} = 144 / 15 = 9,6 \text{ ч};$$

– коефіцієнт нерівномірності графіка навантаження, відн. од.

$$\alpha_{\text{сут}} = P_{\text{нм}} / P_{\text{нб}} = 1,5 / 15 = 0,1 \text{ відн.од};$$

– коефіцієнт заповнення графіка навантаження

$$\beta_{\text{сут}} = P_{\text{ср}} / P_{\text{нб}} = 6 / 15 = 0,4 \text{ відн.од}$$

Отримані значення $P_{\text{нб}}$, $P_{\text{нм}}$, $P_{\text{ср}}$, $T_{\text{нб}}$ наносяться на добовий графік навантаження за тривалістю.

Добовий квадратичний графік навантаження за тривалістю будується на основі добового графіка навантаження за тривалістю відкла-

данням по осі ординат зведеного в квадрат навантаження вузла P_i^2 , в порядку зменшення її значення від $P_{\text{но}}^2$ до $P_{\text{нм}}^2$, а по осі абсцис - тривалості існування відповідного навантаження $T_{\text{нагр } i}$ в годинах - від 0 до 24 годин (рис. 2.3).

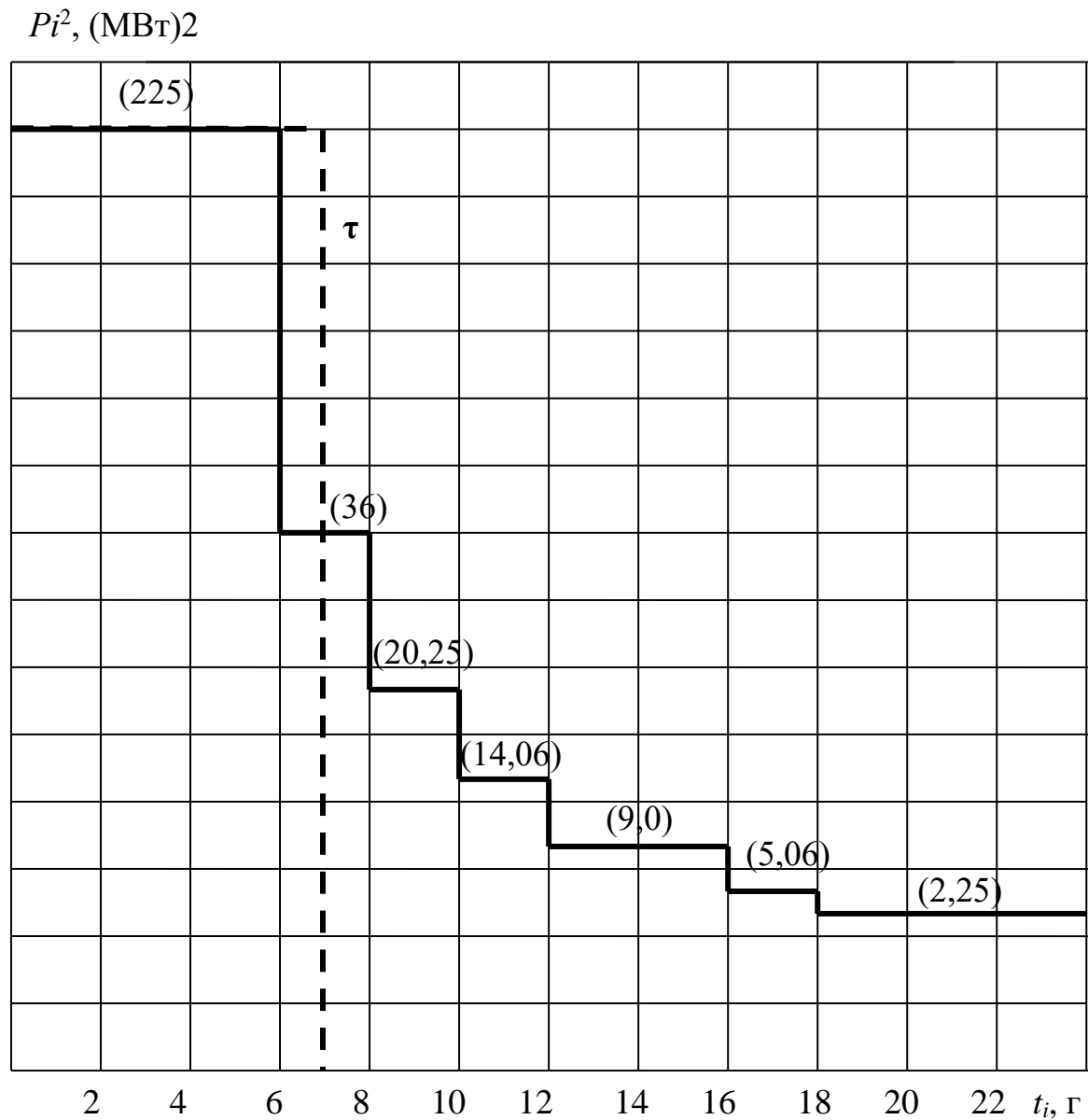


Рисунок 2.3 – Добовий квадратичний графік навантаження за тривалістю

Для збудованого добового квадратичного графіка навантаження за тривалістю визначаються показники:

– число годин найбільших втрат, год

$$\begin{aligned}\tau &= \sum(P_i^2 t_i) / P_{\text{нб}}^2 = \\ &= (15^2 \cdot 6 + 6^2 \cdot 2 + 4,5^2 \cdot 2 + 3,75^2 \cdot 2 + 3^2 \cdot 4 + 2,25^2 \cdot 2 + 1,5^2 \cdot 6) / \\ &\quad / 15^2 = 6,9 \text{ год.}\end{aligned}$$

Отримане значення наноситься на добовий квадратичний графік навантаження за тривалістю.

3. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ПОБУДУВАННЯ РІЧНИХ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ВУЗЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»

3.1. Вихідні дані для виконання контрольної роботи «Побудова річних графіків навантаження споживачів вузла електромережі»

Побудувати річні графіки навантаження споживачів вузла електричної мережі з урахуванням вихідних даних, наведених у табл. 3.1.

Побудова річних графіків навантаження споживачів електричного вузла включає:

- побудову фактичного річного графіка навантаження споживачів;
- побудову річного графіка навантаження за тривалістю та визначення його показників;
- побудову річного квадратичного графіка навантаження за тривалістю та визначення його показників.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для побудови річних графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі

Варіанти	$P_{нб}$, МВт	Значення електричного навантаження, % для місяців											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	10	100	90	80	70	60	50	40	50	60	70	90	100
2	15	100	80	60	50	40	30	50	60	70	80	90	100
3	20	100	90	70	50	30	40	60	70	80	90	100	100
4	25	100	100	90	80	70	60	50	60	70	80	90	100
5	30	100	90	80	60	50	30	40	50	60	70	80	100
6	10	100	90	80	70	60	50	40	50	60	70	90	100
7	15	100	80	60	50	40	30	50	60	70	80	90	100
8	20	100	90	70	50	30	40	60	70	80	90	100	100
9	25	100	100	90	80	70	60	50	60	70	80	90	100
10	30	100	90	80	60	50	30	40	50	60	70	80	100
11	25	100	90	80	70	60	50	40	50	60	70	90	100
12	20	100	80	60	50	40	30	50	60	70	80	90	100
13	15	100	90	70	50	30	40	60	70	80	90	100	100
14	10	100	100	90	80	70	60	50	60	70	80	90	100
15	15	100	90	80	60	50	30	40	50	60	70	80	100
16	20	100	90	80	70	60	50	40	50	60	70	90	100
17	25	100	80	60	50	40	30	50	60	70	80	90	100
18	30	100	90	70	50	30	40	60	70	80	90	100	100
19	25	100	100	90	80	70	60	50	60	70	80	90	100
20	20	100	90	80	60	50	30	40	50	60	70	80	100
21	15	100	90	80	70	60	50	40	50	60	70	90	100
22	10	100	80	60	50	40	30	50	60	70	80	90	100
23	15	100	90	70	50	30	40	60	70	80	90	100	100
24	20	100	100	90	80	70	60	50	60	70	80	90	100
25	25	100	90	80	60	50	30	40	50	60	70	80	100

3.2. Приклад виконання контрольної роботи "Побудова річних графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі"

Виконання завдання щодо побудови річних графіків навантаження споживачів вузла електричного включає:

- побудову фактичного річного графіка навантаження споживачів;
- побудову річного графіка навантаження за тривалістю;
- побудову річного квадратичного графіка навантаження за тривалістю.

Вихідні дані побудови річних графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі наведено у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані щодо побудови річних графіків навантаження споживачів вузла електричної мережі ($P_{нб} = 20$ МВт)

Значення електричного навантаження, % для місяців											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
100	90	70	60	50	40	30	50	60	80	90	100

Побудова графіків електричних навантажень виконується у такій послідовності:

За вихідними даними будується у відносних одиницях фактичний річний графік навантаження споживача (рис. 3.1).

Типовий річний графік навантаження споживачів заданий ступінчастим, де найбільше можливе протягом року навантаження $P_{нб}$ приймається за 100 %, інші ступені графіка показують відносне значення навантаження для цієї пори року.

За заданим у табл. 3.1 значеннями $P_{нб}$ споживача для побудованого графіка вказуються значення ступенів в іменованих одиницях, використовуючи для кожного ступеня графіка співвідношення

$$P_{ст} = p P_{нб} / 100,$$

де p – ордината відповідного ступеня типового графіка, %.

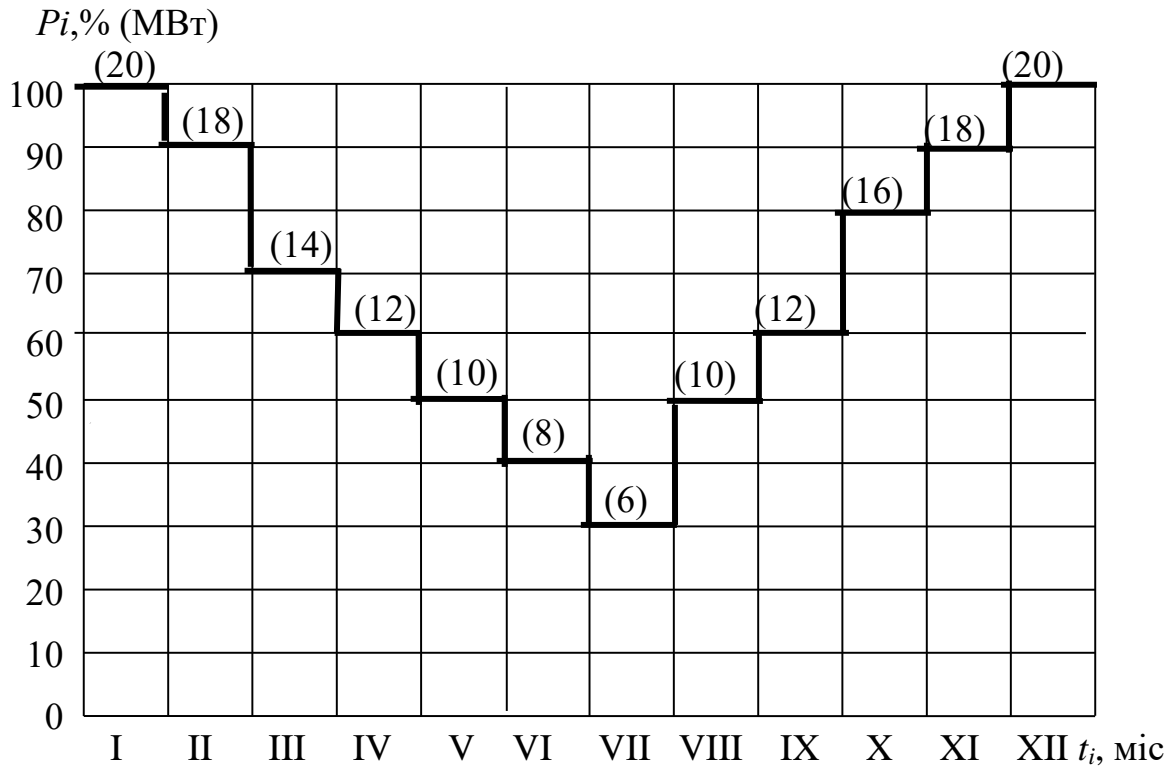


Рисунок 3.1 – Річний графік навантаження споживача

Річний графік навантаження за тривалістю (рис. 3.2), що показує тривалість роботи вузла електричної мережі протягом року з різними навантаженнями, будується відкладанням по осі ординат навантаження вузла P_i , в порядку зменшення її значення від $P_{нб}$ до $P_{нм}$, а по осі абсцис - тривалості існування відповідного навантаження $T_{нагр i}$ в місяцях (годинах) – від 0 до 12 місяців (8760 годин) (рис. 3.2).

Для збудованого річного графіка навантаження за тривалістю визначаються показники:

– річна кількість електроенергії, МВт·год

$$\begin{aligned}
 W_{річ} &= \sum P_i \cdot t_i = \\
 &= (20 \cdot 2 + 18 \cdot 2 + 16 \cdot 1 + 14 \cdot 1 + 12 \cdot 2 + 10 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 1) \cdot 8760 / 12 = \\
 &= 119720 \text{ МВт} \cdot \text{год};
 \end{aligned}$$

– найбільше та найменше навантаження, МВт

$$P_{нб} = 20 \text{ МВт}; \quad P_{нм} = 6 \text{ МВт};$$

– середнє навантаження, МВт

$$P_{ср} = W_{год} / T_{год} = 119720 / 8760 = 13,7 \text{ МВт};$$

где $T_{\text{річ}} = 8760$ ч;

P_i , МВт

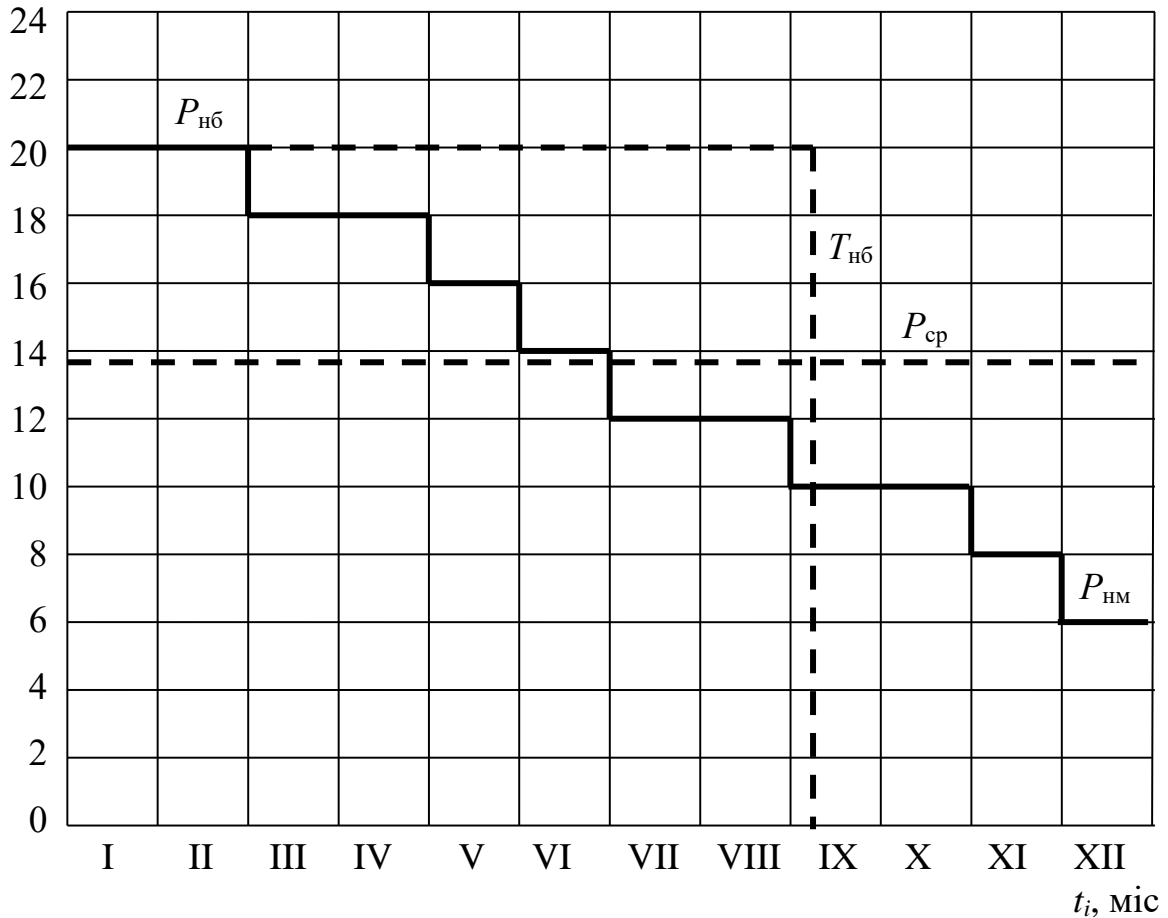


Рисунок 3.2 – Річний графік навантаження за тривалістю

– число годин використання найбільшого навантаження, год

$$T_{\text{нб}} = W_{\text{год}} / P_{\text{нб}} = 119720 / 20 = 5986 \text{ ч};$$

– коефіцієнт нерівномірності графіка навантаження

$$\alpha_{\text{год}} = P_{\text{нм}} / P_{\text{нб}} = 6 / 20 = 0,3 \text{ відн. од.};$$

– коефіцієнт заповнення графіка навантаження

$$\beta_{\text{год}} = P_{\text{ср}} / P_{\text{нб}} = 13,7 / 20 = 0,69 \text{ відн. од.}$$

Отримані значення $P_{\text{нб}}$, $P_{\text{нм}}$, $P_{\text{ср}}$, $T_{\text{нб}}$ наносяться на річний графік навантаження за тривалістю.

Річний квадратичний графік навантаження за тривалістю будується на основі річного графіка навантаження за тривалістю відкладанням по осі ординат зведеного в квадрат навантаження вузла P_i^2 , у порядку

зменшення її значення від $P_{нб}^2$ до $P_{нм}^2$, а по осі абсцис – тривалості існування відповідного навантаження $T_{нав i}$ у місяцях (годинах) – 0 до 12 місяців (8760 годин) (рис. 3.3).

$P_i^2, (МВТ)^2$

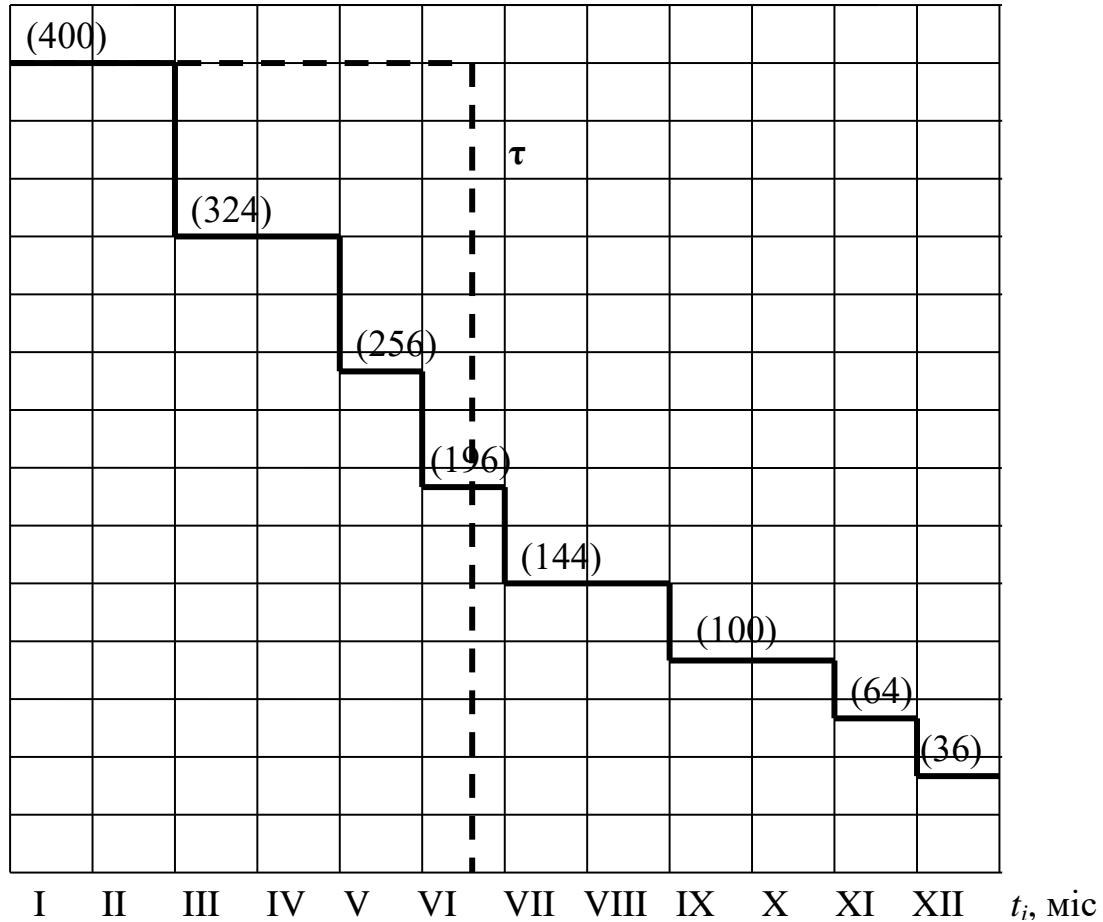


Рисунок 3.3 – Річний квадратичний графік навантаження за тривалістю

Для збудованого річного квадратичного графіка навантаження за тривалістю визначається показники:

– число годин найбільших втрат, год

$$\tau = \sum(P_i^2 \cdot t_i) / P_{нб}^2 =$$

$$= [(20^2 \cdot 2 + 18^2 \cdot 2 + 16^2 \cdot 1 + 14^2 \cdot 1 + 12^2 \cdot 2 + 10^2 \cdot 2 + 8^2 \cdot 1 + 6^2 \cdot 1) \times 8760 / 12] / 20^2 = 4176 \text{ год};$$

$$\tau = (0,124 + T_{нб} / 10^4)^2 \cdot 8760 = (0,124 + 5986 / 10^4)^2 \cdot 8760 = 4574 \text{ год.}$$

Отримане значення наноситься на річний квадратичний графік навантаження за тривалістю.

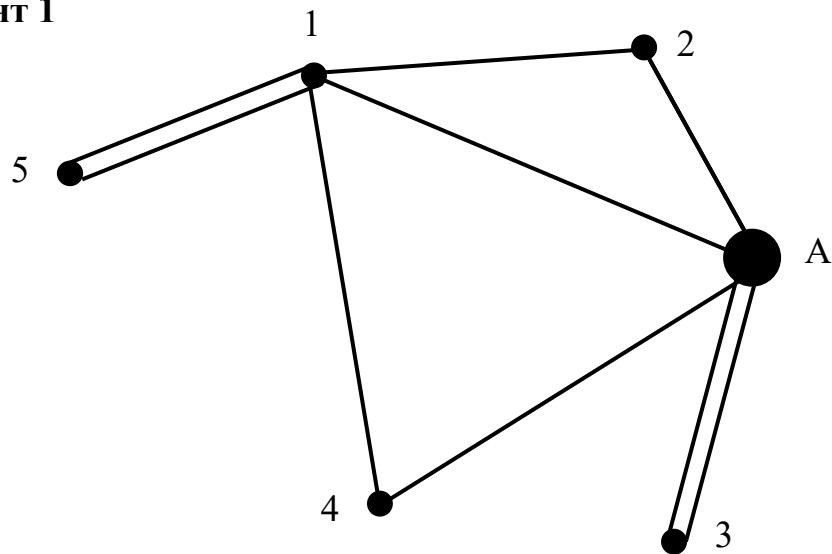
4. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»

4.1. Вихідні дані для виконання контрольної роботи «Визначення характеристик вузлів електричної мережі»

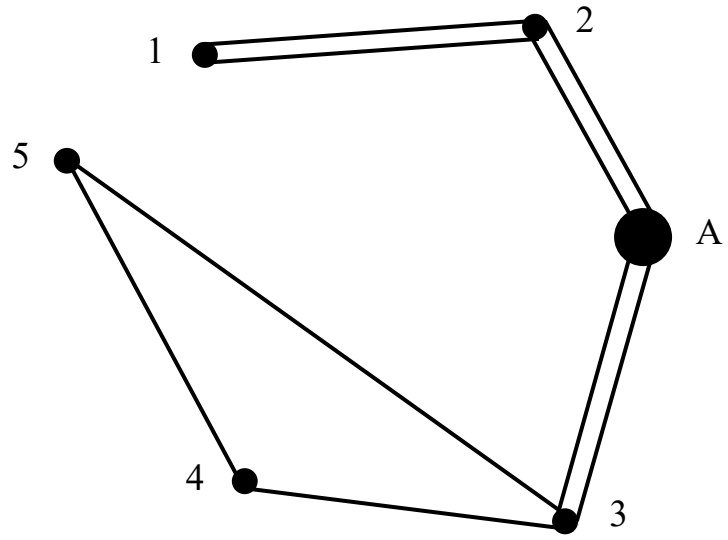
Для заданих рисунків варіантів фрагментів схем електричної мережі 110 кВ, використовуючи матеріали табл. 4.1, визначити:

- типи ПС у вузлах фрагмента схеми електричної мережі;
- шифри схем ВРП ВН ПС у вузлах фрагмента схеми електричної мережі;
- кількість осередків в ВРП ВН ПС у вузлах фрагмента схеми електричної мережі.

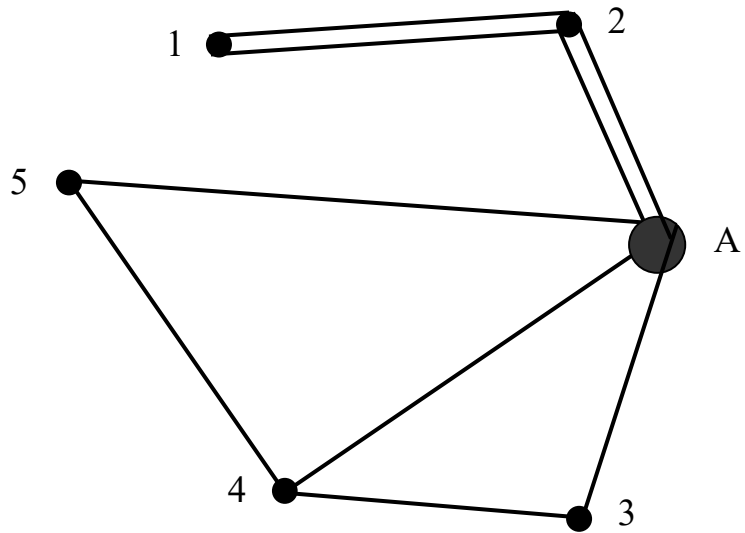
Варіант 1



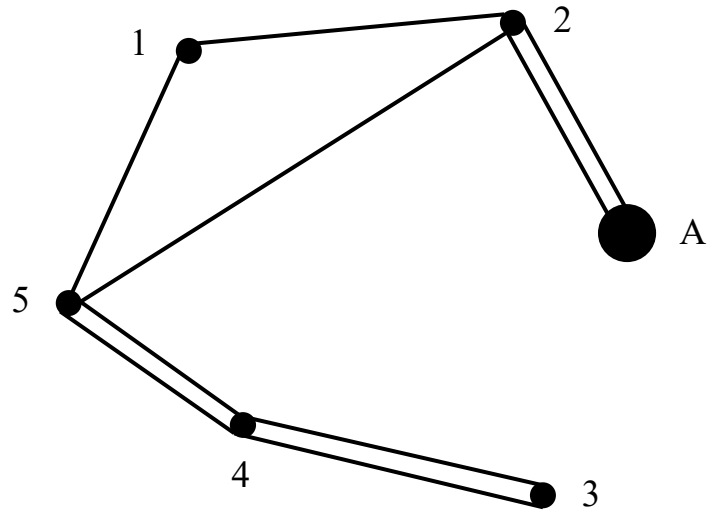
Варіант 2



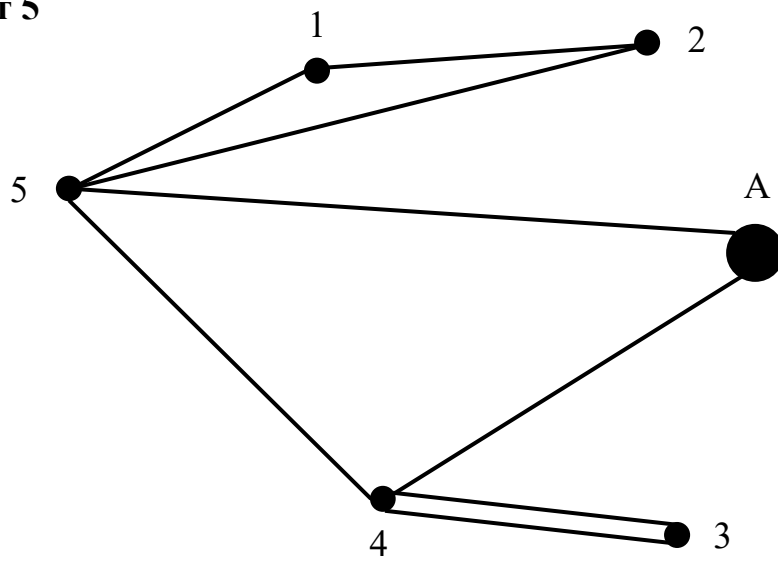
Варіант 3



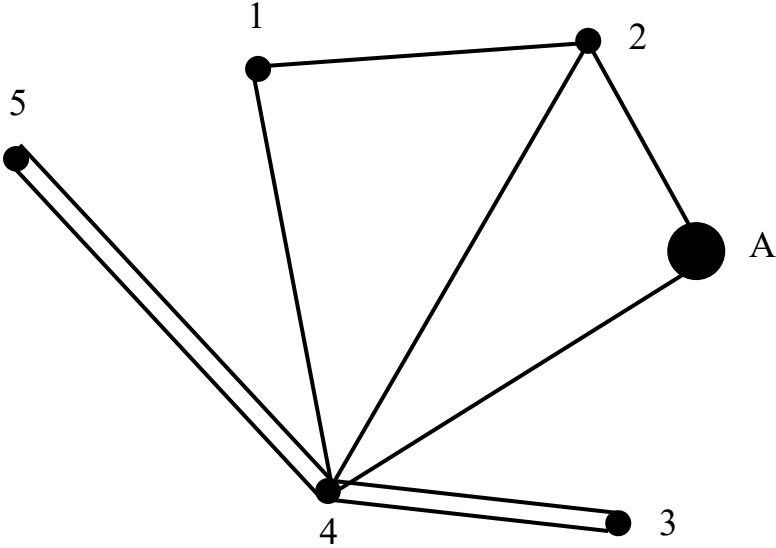
Варіант 4



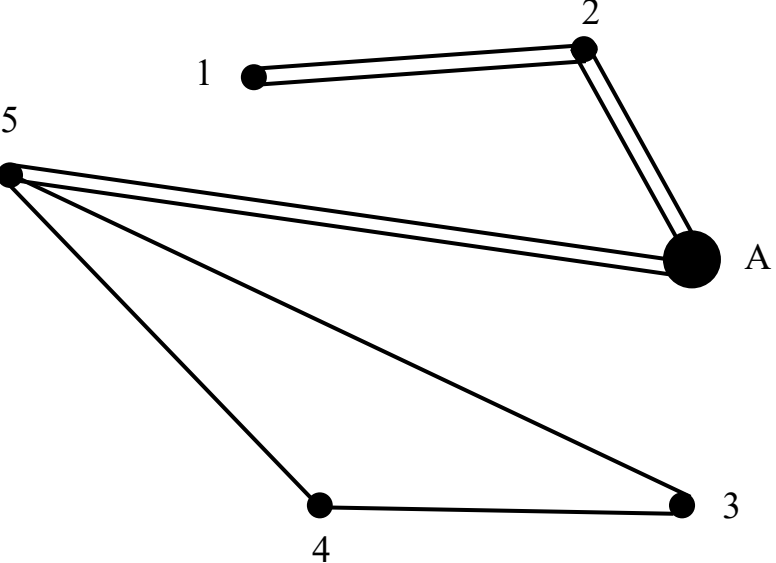
Варіант 5



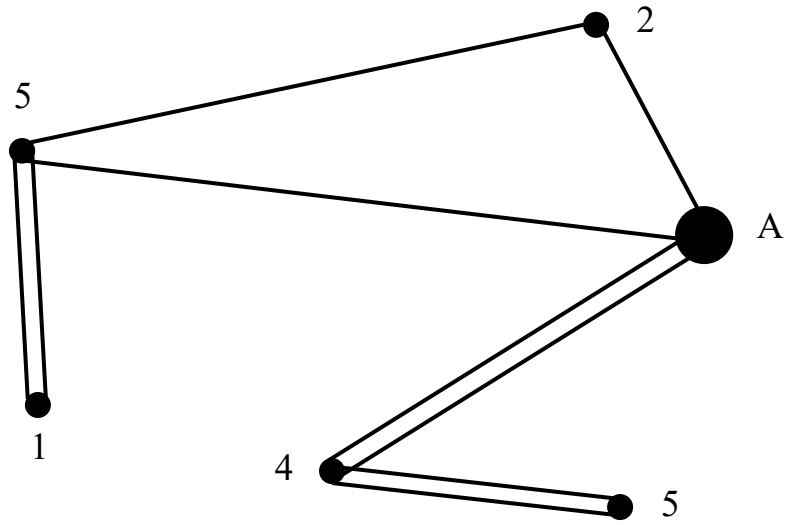
Варіант 6



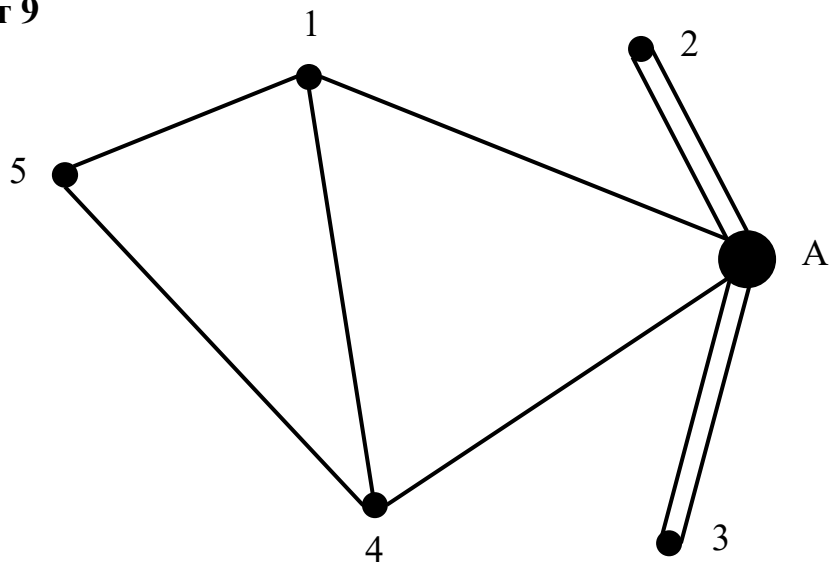
Варіант 7



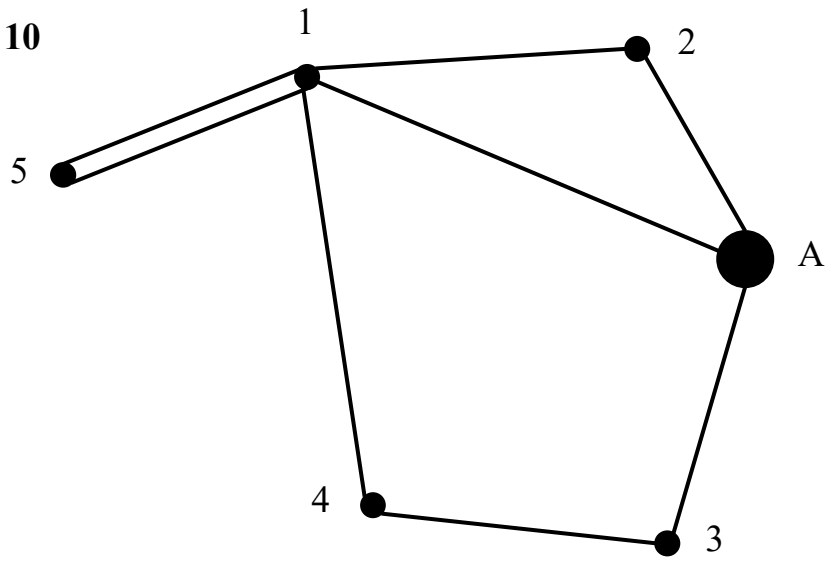
Варіант 8



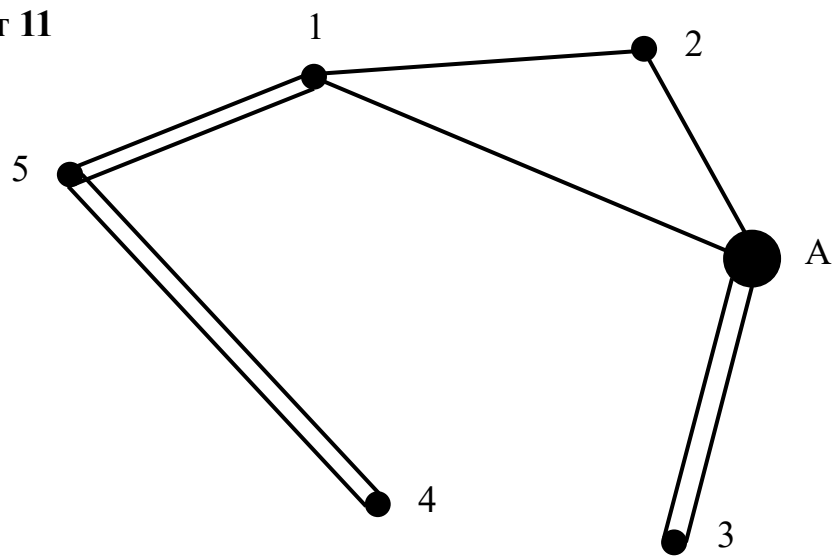
Варіант 9



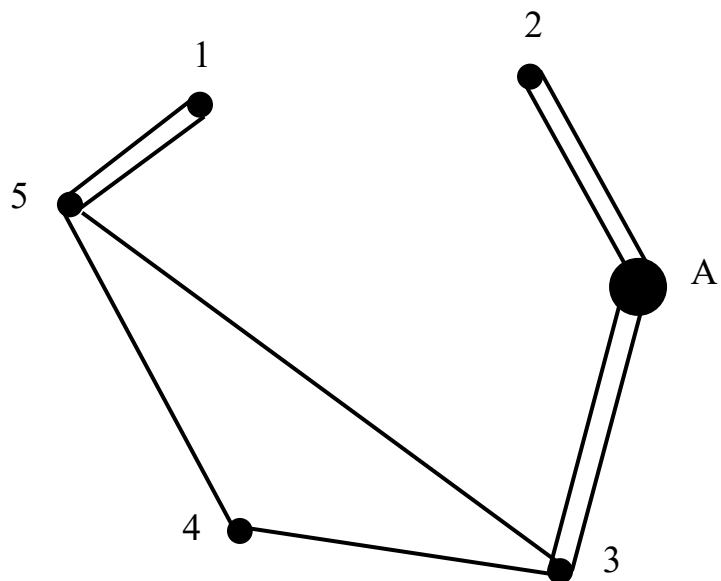
Варіант 10



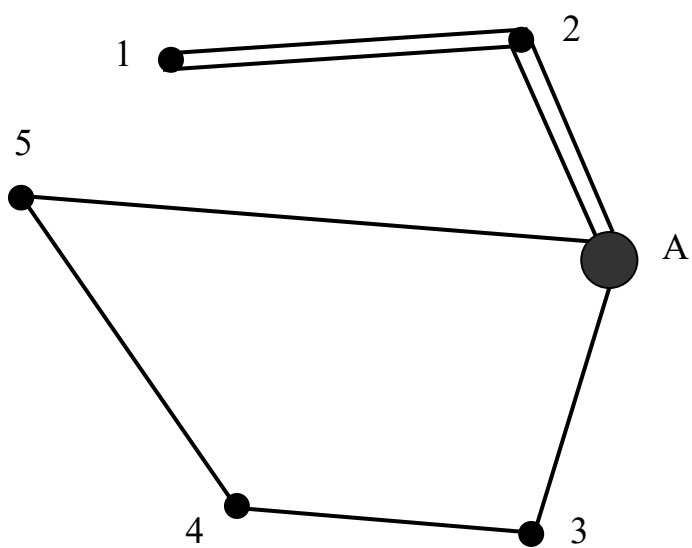
Варіант 11



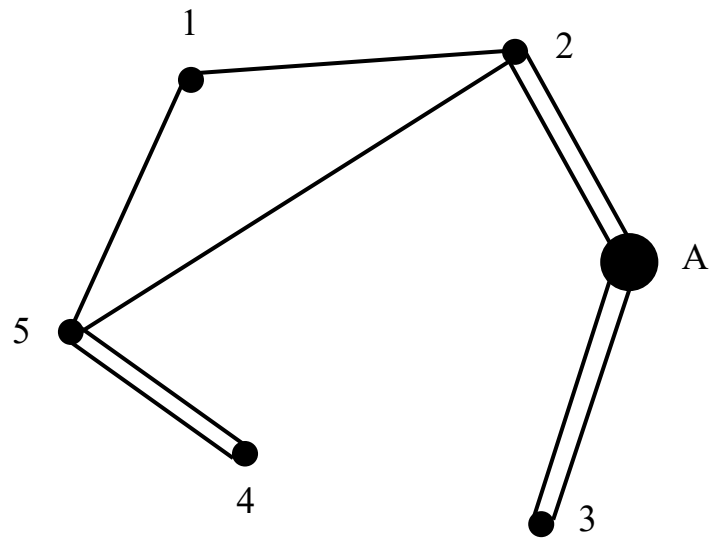
Вариант 12



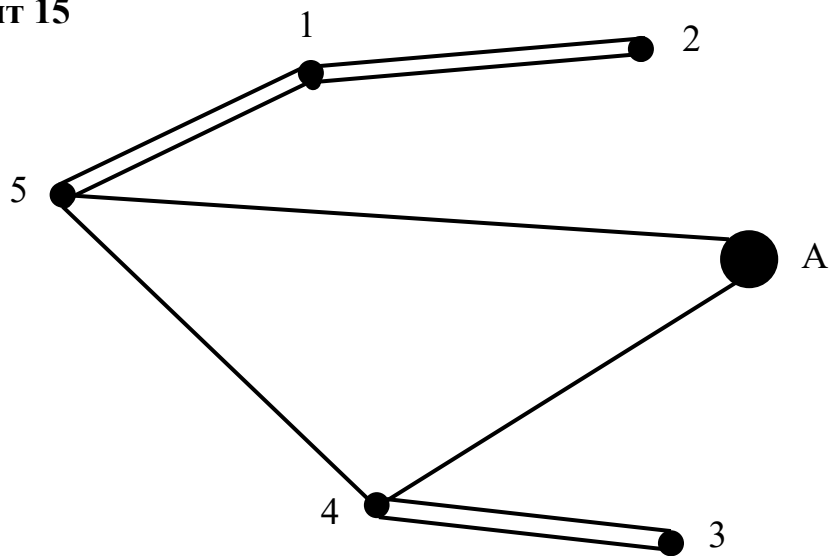
Вариант 13



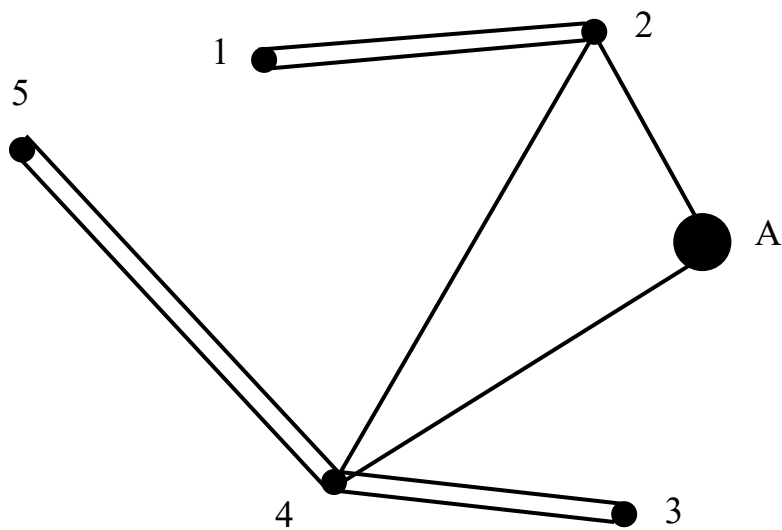
Вариант 14



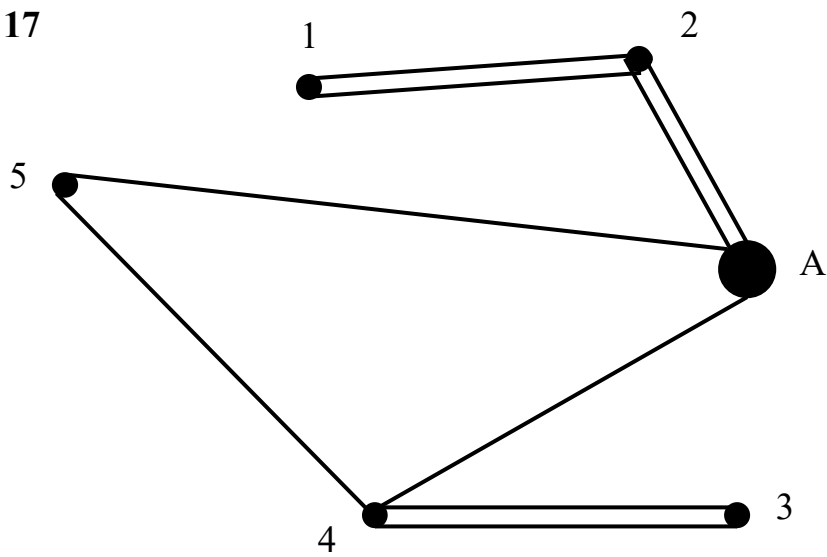
Вариант 15



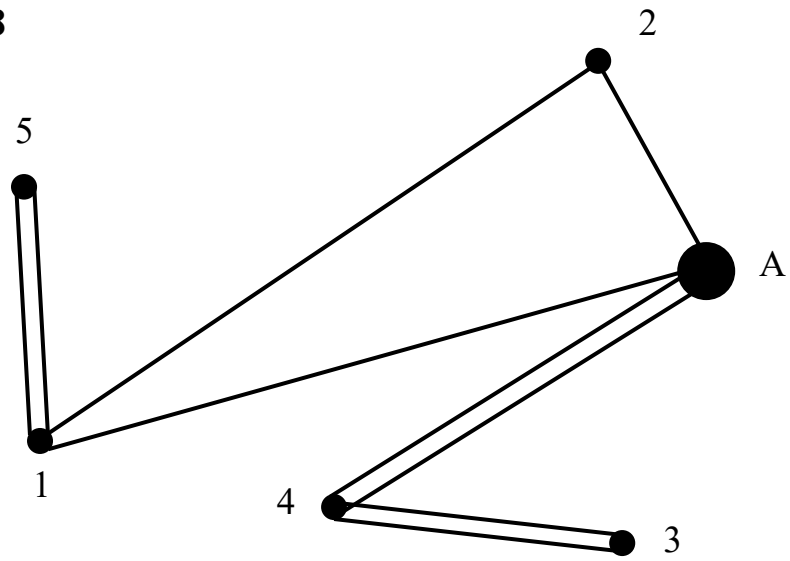
Варіант 16



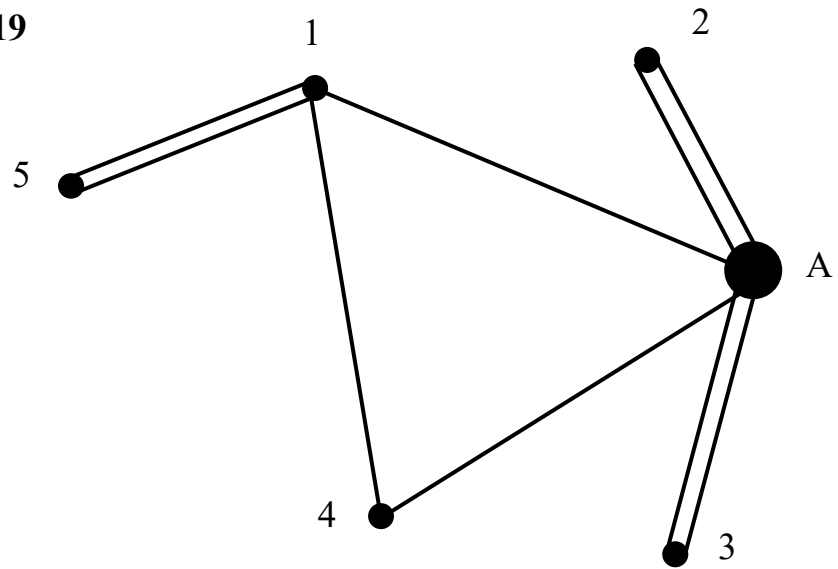
Варіант 17



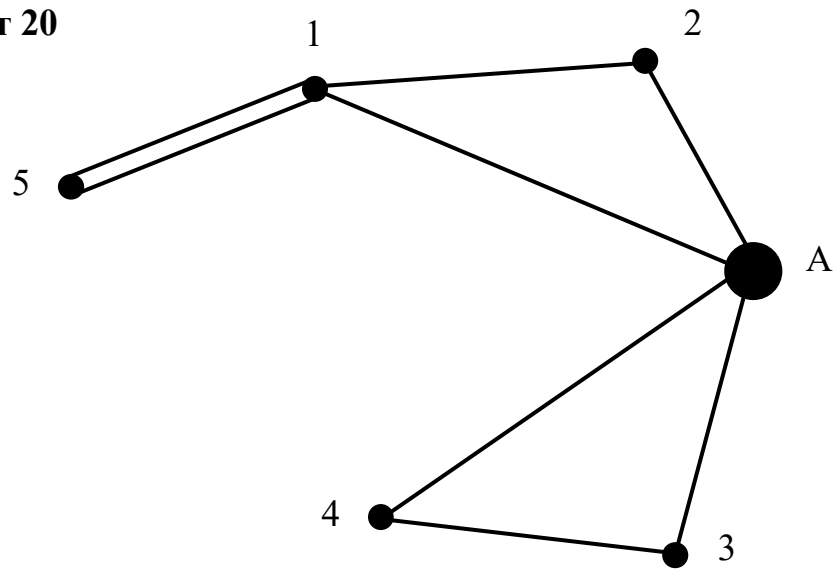
Варіант 18



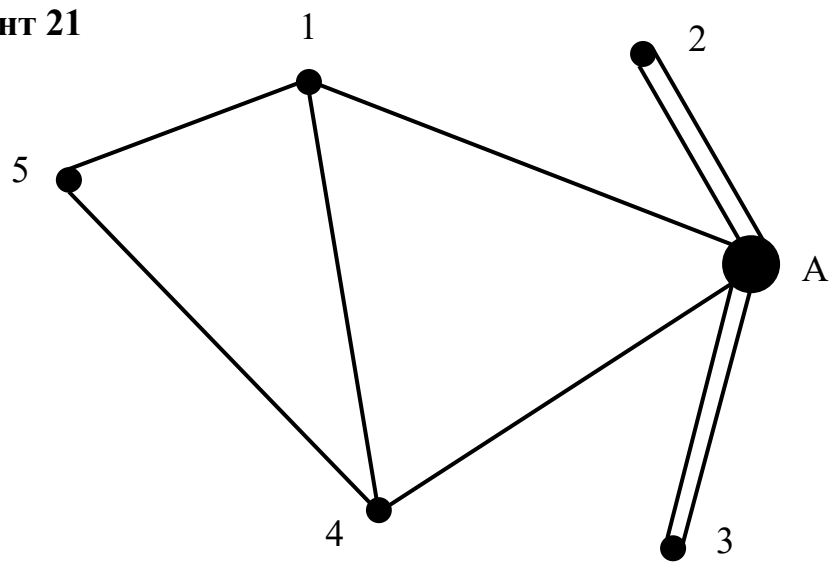
Варіант 19



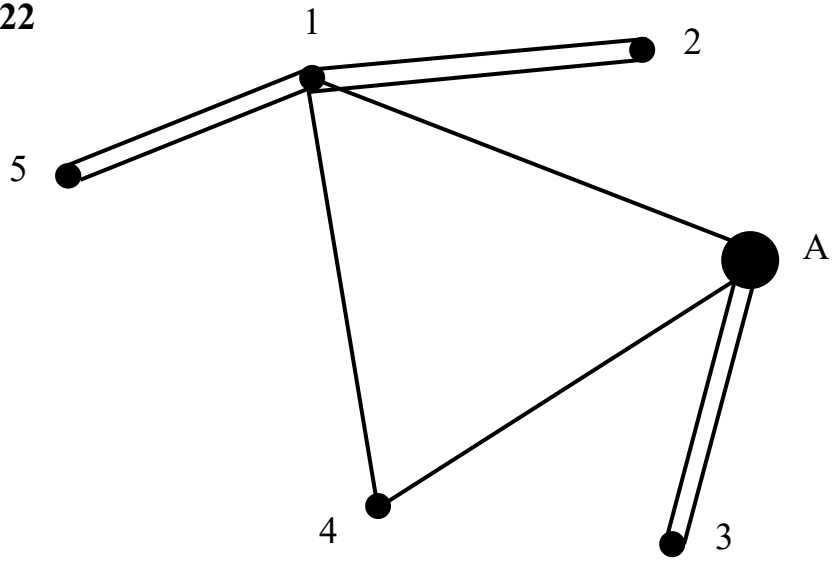
Варіант 20



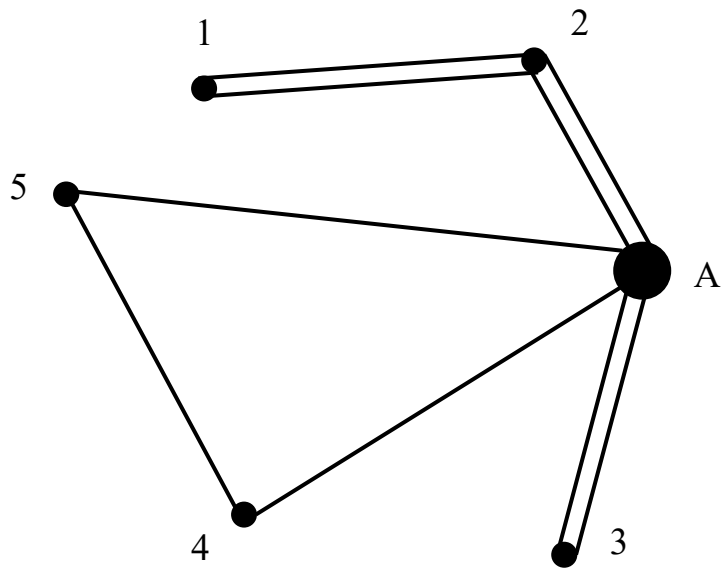
Варіант 21



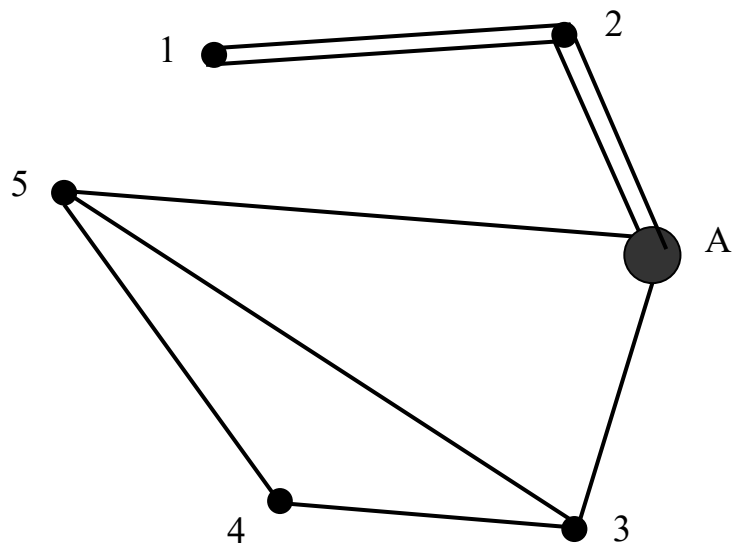
Варіант 22



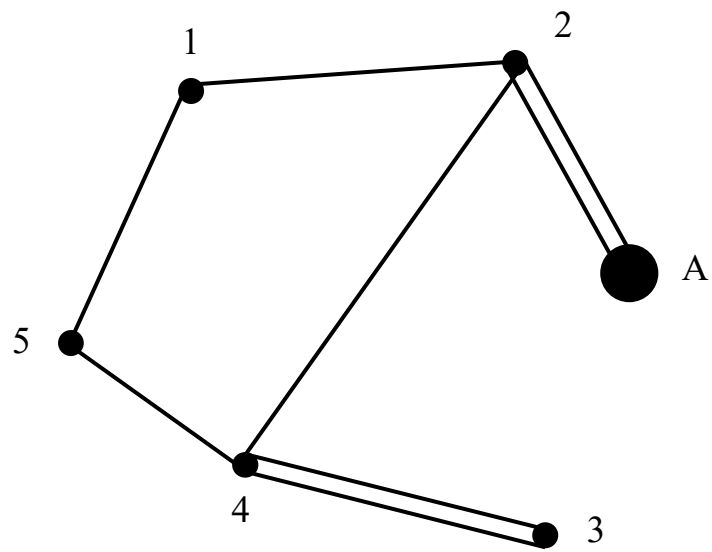
Варіант 23



Варіант 24



Варіант 25



4.2. Приклад виконання контрольної роботи «Визначення характеристик вузлів електричної мережі»

Фрагмент схеми електричної мережі 110 кВ наведено на рис. 4.1.

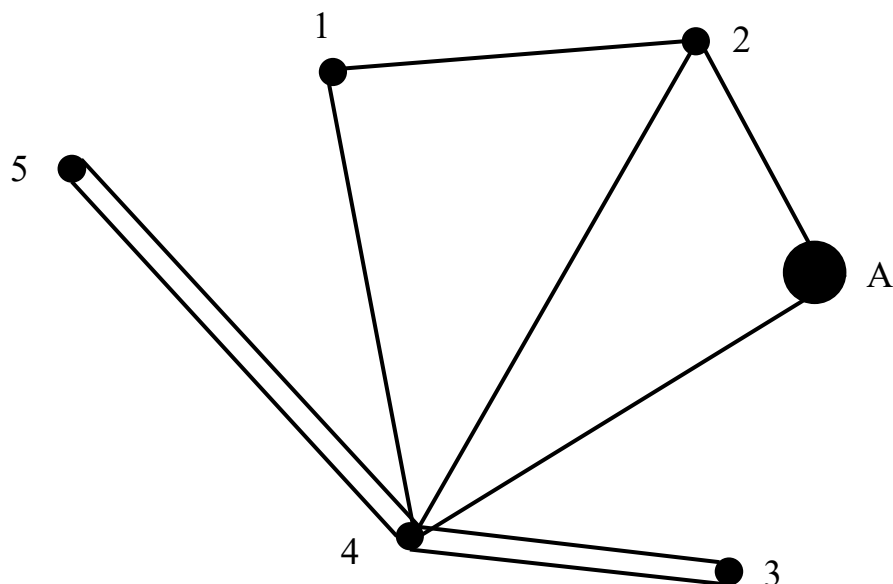


Рисунок 4.1 – Фрагмент схеми електричної мережі 110 кВ

Використовуючи матеріали табл. 4.1, визначаємо:

- типи ПС у вузлах фрагмента схеми електричної мережі;
- шифри схем ВРП ВН ПС у вузлах фрагмента схеми електричної мережі;
- кількість осередків в ВРП ВН ПС у вузлах фрагмента схеми електричної мережі.

Тоді для заданого фрагмента схеми електричної мережі 110 кВ отримуємо такі характеристики вузлів електричної мережі:

ПС-1: тип ПС - прохідна; шифр схеми ВРП ВН - 110-4;

кількість комірок в ВРП ВН $n_{\text{ком}} = 3$.

ПС-2: тип ПС - вузлова; шифр схеми ВРП ВН - 110-6;

кількість комірок в ВРП ВН $n_{\text{ком}} = 7$.

ПС-3: тип ПС - тупикова; шифр схеми ВРП ВН - 110-2;

кількість комірок в ВРП ВН $n_{\text{ком}} = 2$.

ПС-4: тип ПС - вузлова; шифр схеми ВРП ВН - 110-7;

кількість комірок в ВРП ВН $n_{\text{ком}} = 11$.

ПС-5: тип ПС - тупикова; шифр схеми ВРП ВН - 110-2;

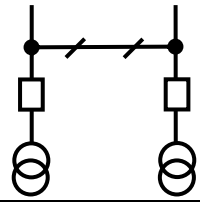
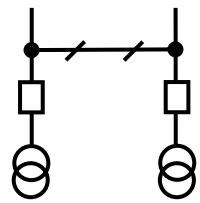
кількість комірок в ВРП ВН $n_{\text{ком}} = 2$.

ПС-А: тип ПС - вузлова; шифр схеми ВРП ВН - 110-8;

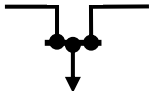
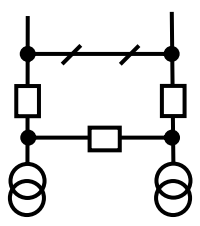
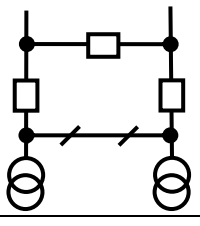
кількість комірок в ВРП ВН $n_{\text{ком}} = 2$.

4.3. Довідкові дані про схеми ВРП тупикових, відгалужувальних, прохідних та вузлових ПС електричних мереж 110 кВ

Таблиця 4.1 –Схеми ВРП тупикових, відгалужувальних, прохідних та вузлових ПС електричних мереж 110 кВ [5; 6]

Найменування ПС	<i>Тупикова</i>
Приєднання ПС до мережі	
Шифр та найменування схеми	110-2. Два блоки лінія-трансформатор з вимикачами та неавтоматичною перемичкою з боку ліній
Умовне зображення схеми	
Область та умови застосування схеми	На стороні ВН тупикових та відгалужувальних ПС 35-220 кВ
Приєднання ПС до мережі	
Шифр та найменування схеми	110-2. Два блоки лінія-трансформатор з вимикачами та неавтоматичною перемичкою з боку ліній
Умовне зображення схеми	

Продовження табл. 4.1

Найменування ПС	<i>Відгалужена</i>
Область та умови застосування схеми	На стороні ВН тупикових та відгалужувальних ПС 35-220 кВ
Найменування ПС	<i>Прохідна</i>
Приєднання ПС до мережі	
Шифр та найменування схеми	110-3. Місток з вимикачами в ланцюгах ліній та ремонтною перемичкою з боку ліній
Умовне зображення схеми	
Область та умови застосування схеми	На стороні ВН прохідних ПС 110-220 кВ за необхідності секціонування ліній з двостороннім живленням або при транзиті потужності через ПС за наявності ОАПВ
Шифр та найменування схеми	110-4. Місток з вимикачами в ланцюгах трансформаторів та ремонтною перемичкою з боку трансформаторів
Умовне зображення схеми	

Закінчення табл. 4.1

<p>Область та умови застосування схеми</p>	<p>На стороні ВН прохідних ПС 110-220 кВ за необхідності секціонування ліній із двостороннім живленням або при транзиті потужності по одній лінії 110-220 кВ за відсутності ОАПВ; за необхідності збереження транзиту потужності через ПС у разі пошкодження трансформатора</p>
<p>Найменування ПС</p>	<p><i>Вузлова</i></p>
<p>Приєднання ПС до мережі</p>	
<p>Шифр та найменування схеми</p>	<p>110-6. Одна робоча, секційована вимикачем, та обхідна система шин</p>
<p>Умовне зображення схеми</p>	
<p>Область та умови застосування схеми</p>	<p>На стороні ВН вузлових ПС мережі 110-220 кВ при переважній кількості парних ліній або ліній, які резервуються від інших ПС. Допускається підключення ліній, що не резервуються, не більше однієї на будь-якій із секцій. Відповідно до [6], кількість ПЛ 110 кВ, що приєднуються до ПС, не повинно, як правило, перевищувати чотири</p>

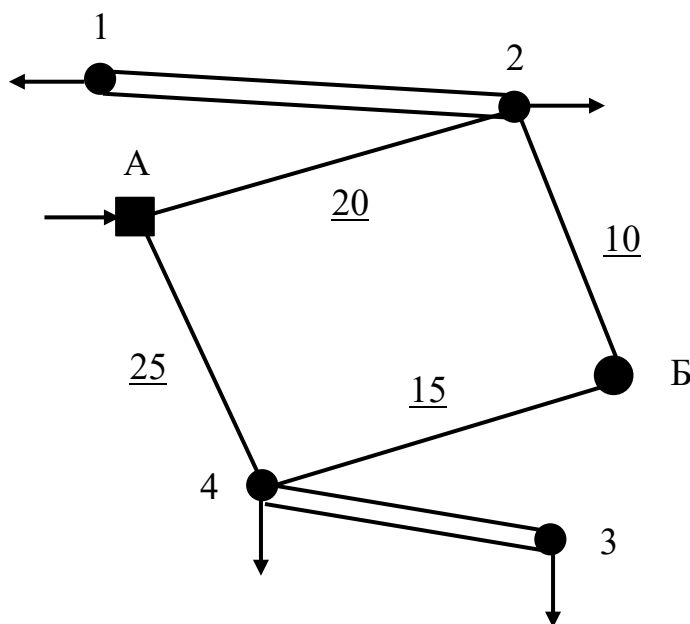
5. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛА ГОДИН ВИКОРИСТАННЯ НАЙБІЛЬШОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВУЗЛІВ І ЛІНІЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»

5.1. Вихідні дані для виконання контрольної роботи «Визначення числа годин використання найбільшого навантаження вузлів та ліній електричної мережі»

Для заданих на рисунках варіантів фрагментів схем електричної мережі 110 кВ, а в таблицях потужностей та числа годин використання найбільшого навантаження вузлів визначити:

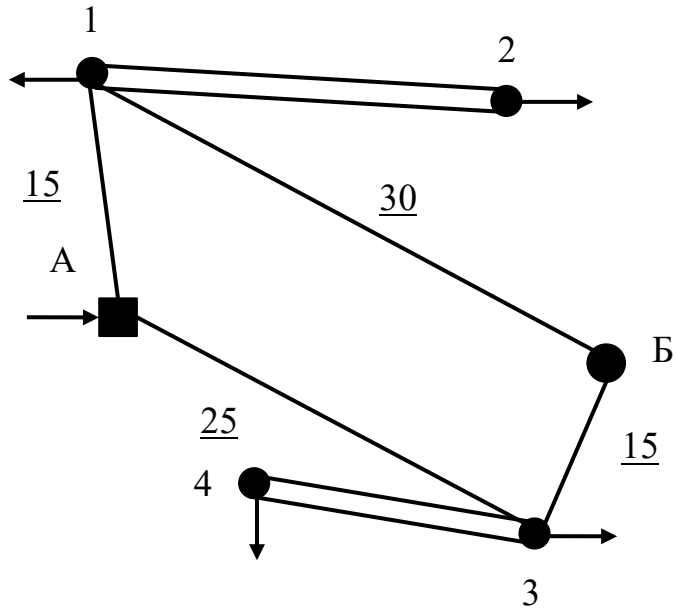
- сумарне число годин використання найбільшого навантаження вузлів $T_{\text{нб.вузлів } \Sigma}$;
- кількість годин використання найбільшого навантаження ліній $T_{\text{нб.линий}}$.

Варіант 1



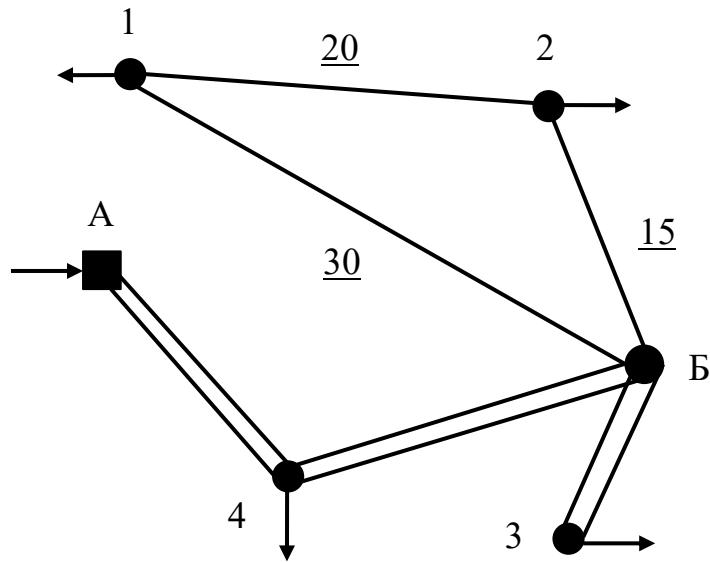
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	10
$T_{\text{нб.у}}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	–

Варіант 2



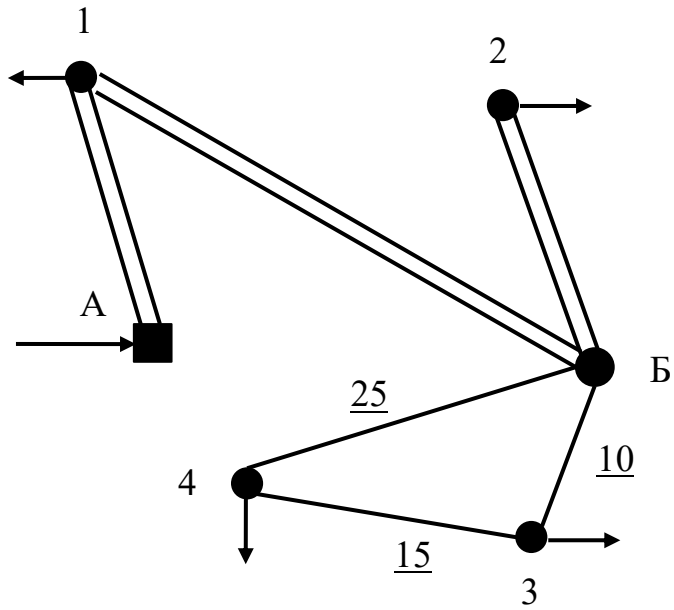
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	15
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 3



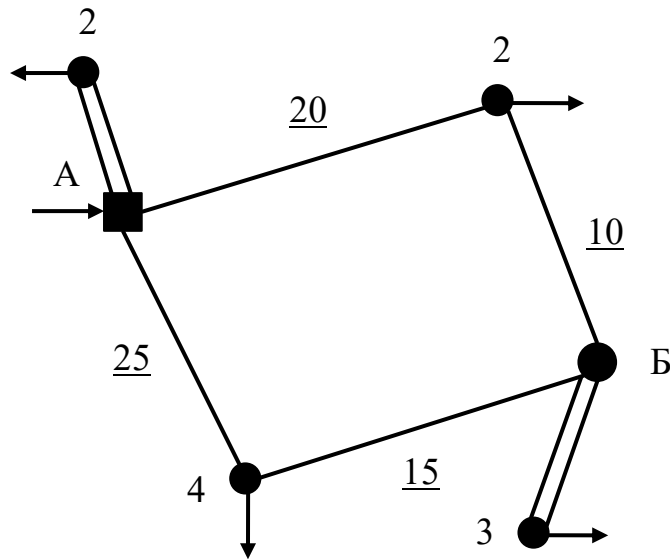
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	10
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 4



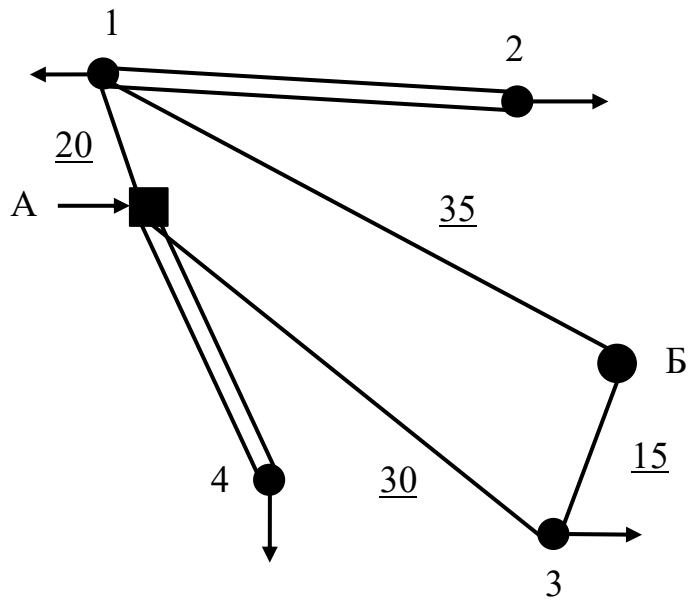
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	15
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 5



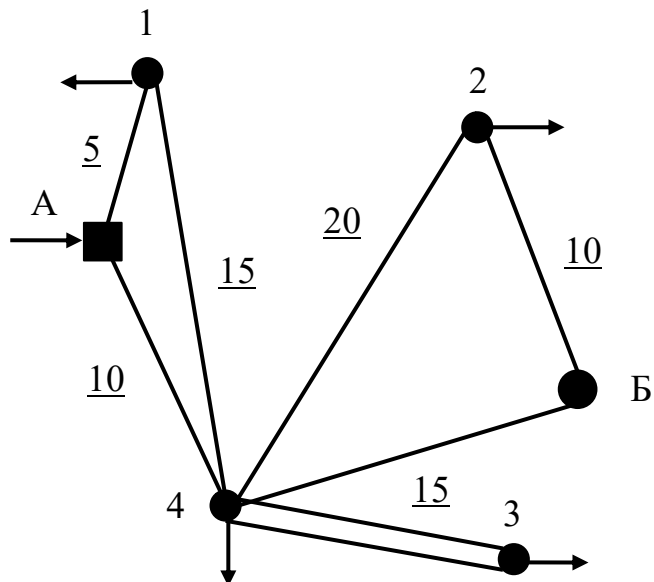
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	15	10	20
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	3000	4000	—

Варіант 6



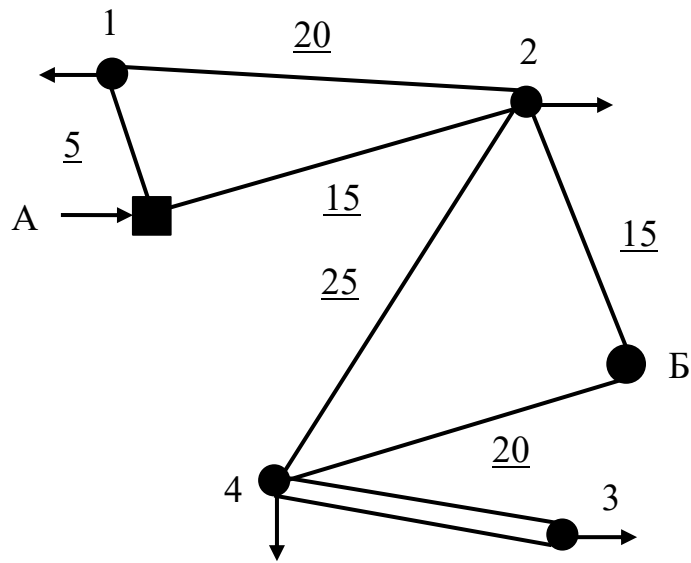
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	15	10	25	10
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	3000	4000	6000	—

Варіант 7



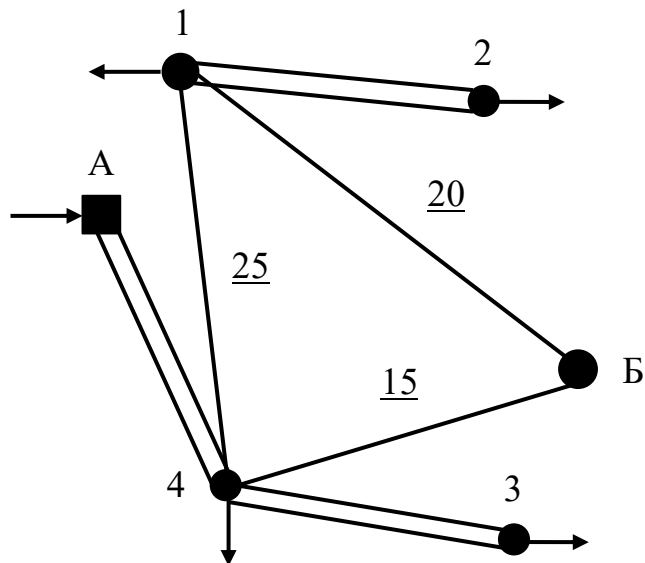
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	20
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 8



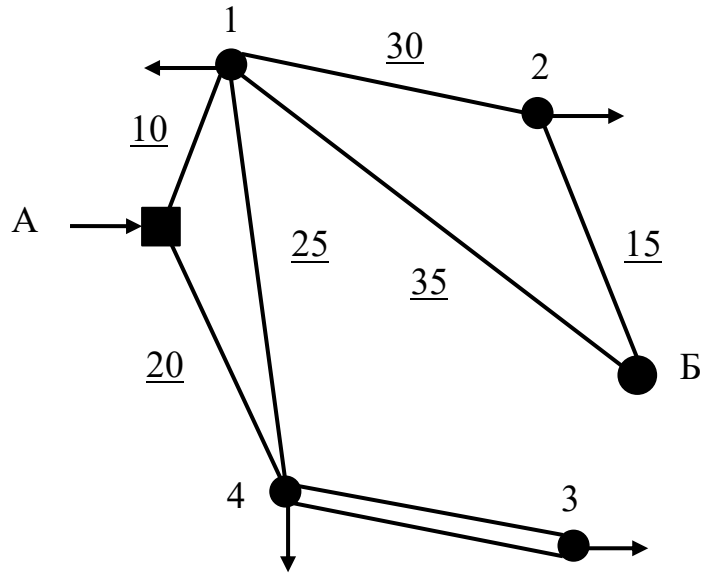
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	10	20	20
$T_{нб,у}$, год/рік	3000	4000	4000	5000	—

Варіант 9



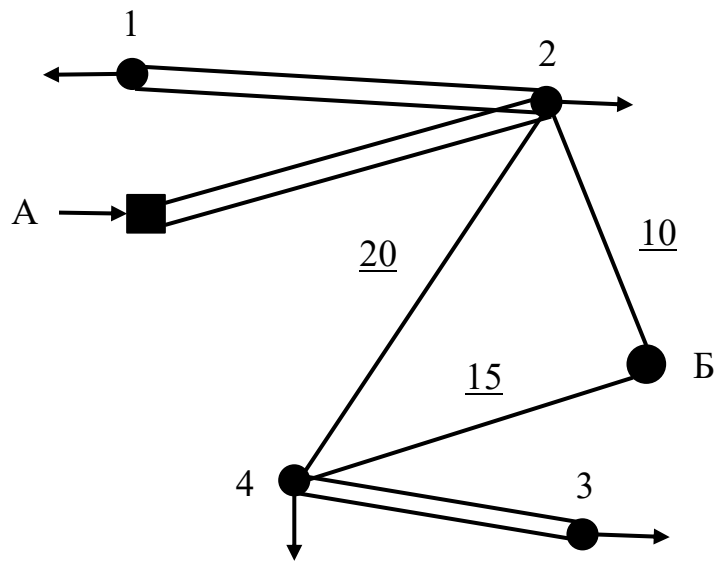
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	10
$T_{нб,у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 10



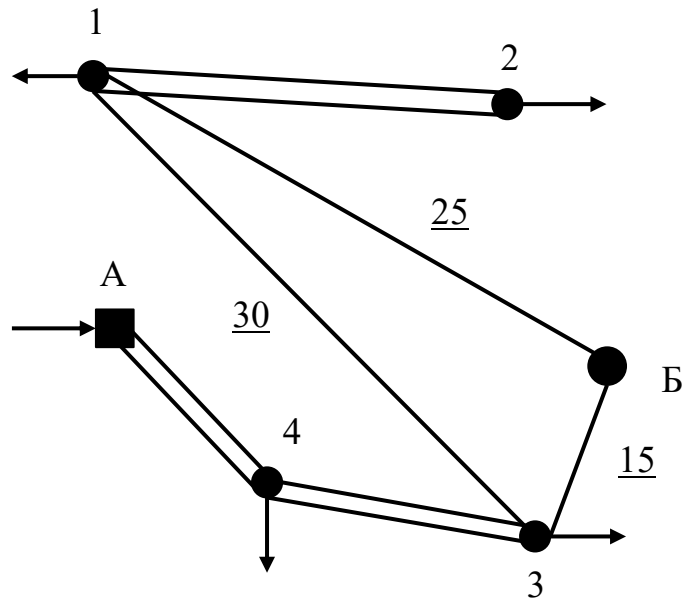
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	10	20	20	25	15
$T_{нб.у}$, год/рік	4000	5000	5000	6000	—

Варіант 11



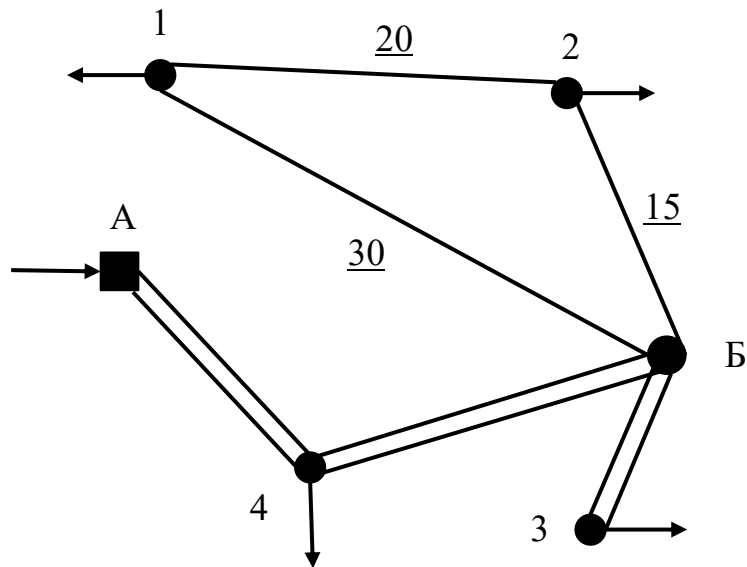
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	10
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 12



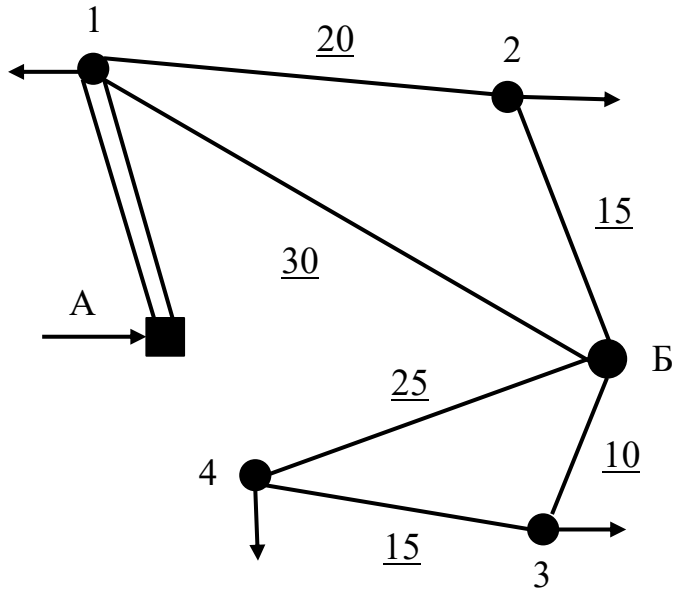
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	15
$T_{нб.у}$, Год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 13



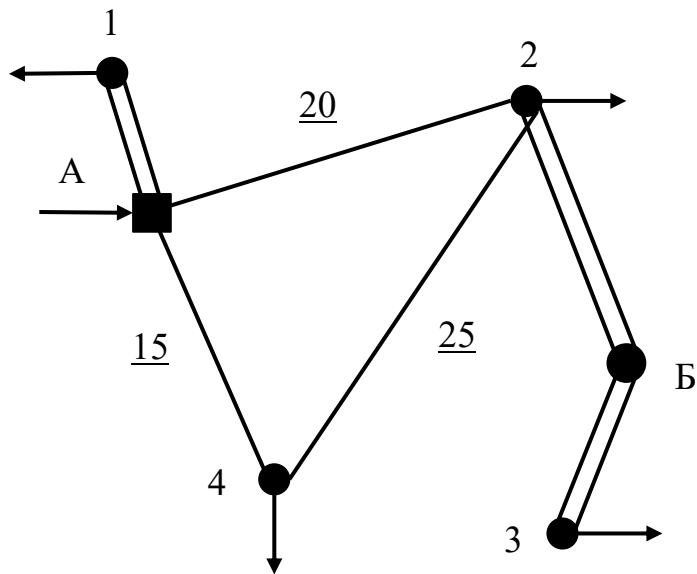
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	10
$T_{нб.у}$, Год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 14



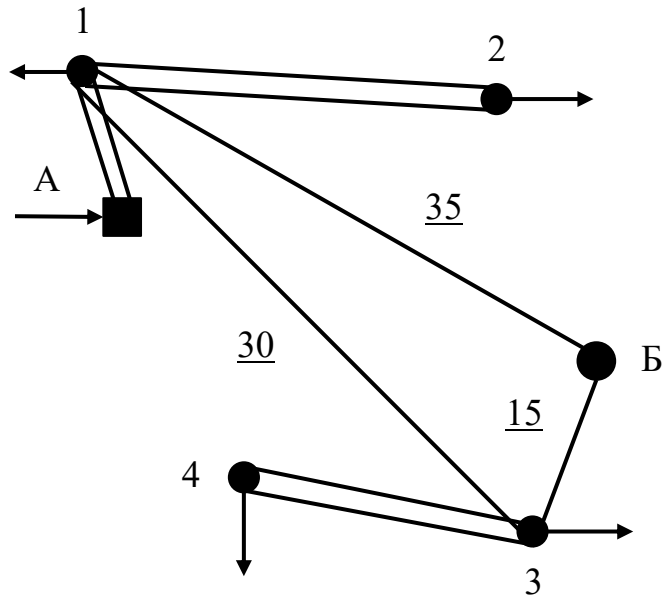
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	15
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 15



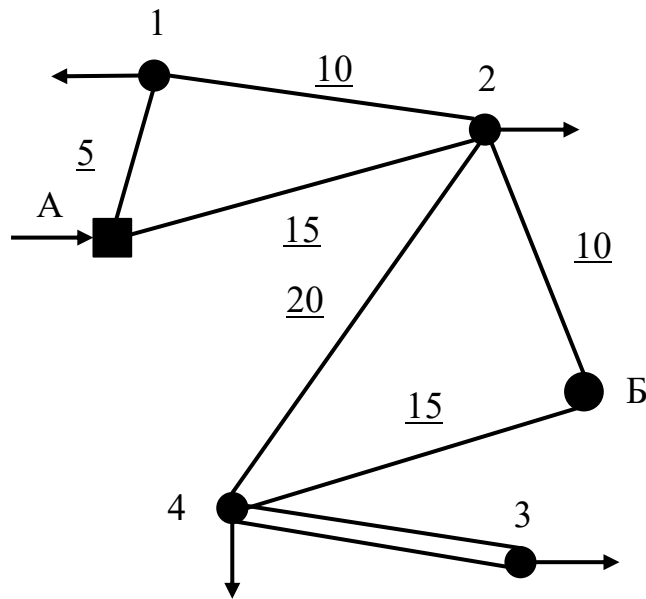
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	15	10	20
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	3000	4000	—

Варіант 16



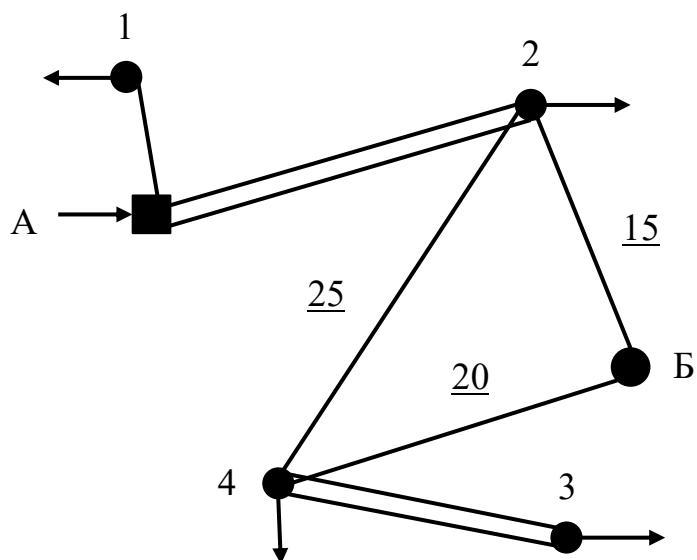
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	15	10	25	10
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	3000	4000	6000	—

Варіант 17



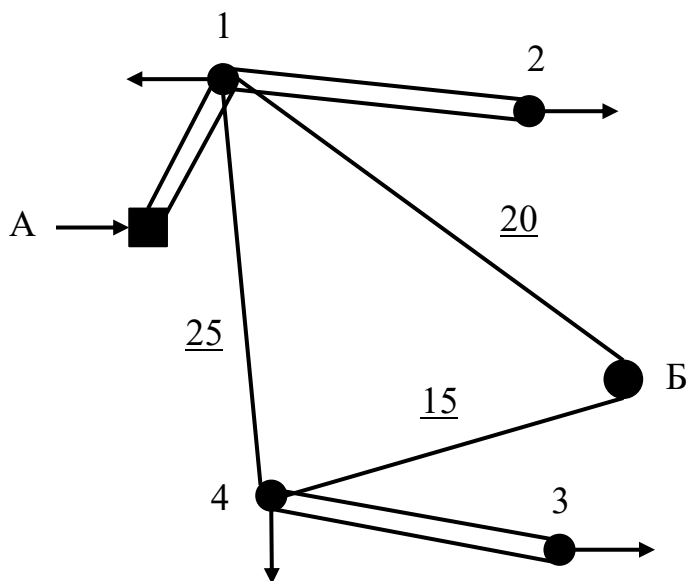
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	20
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 18



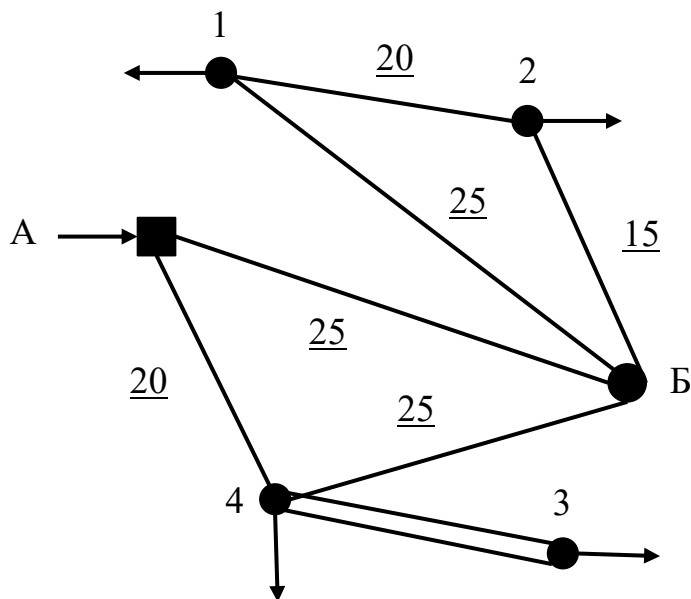
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	10	20	20
$T_{нб.у}$, Год/рік	3000	4000	4000	5000	—

Варіант 19



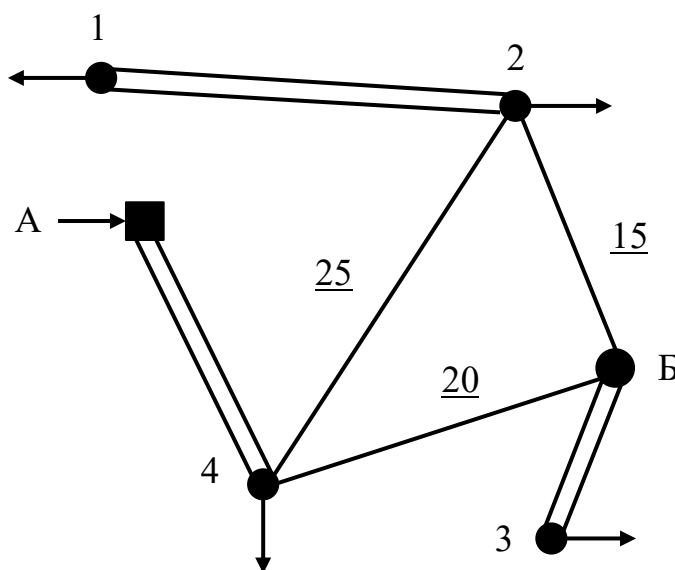
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	10
$T_{нб.у}$, Год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 20



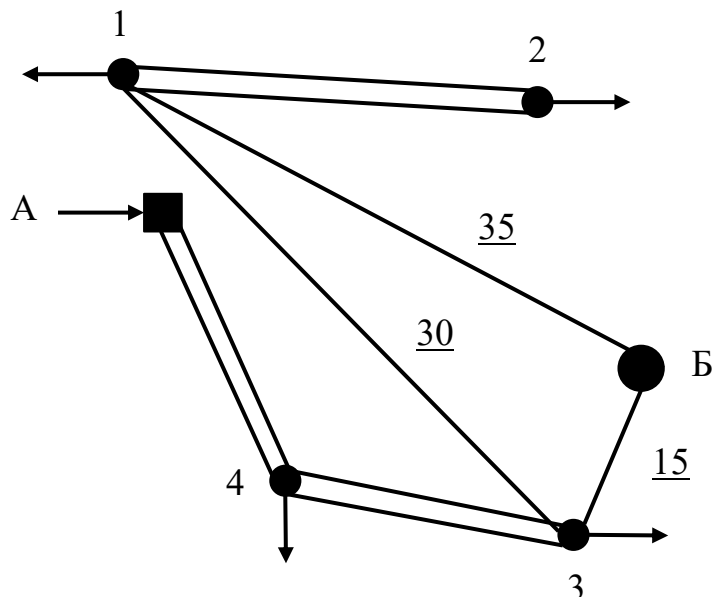
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	10	20	20	25	15
$T_{нб.у}$, год/рік	4000	5000	5000	6000	—

Варіант 21



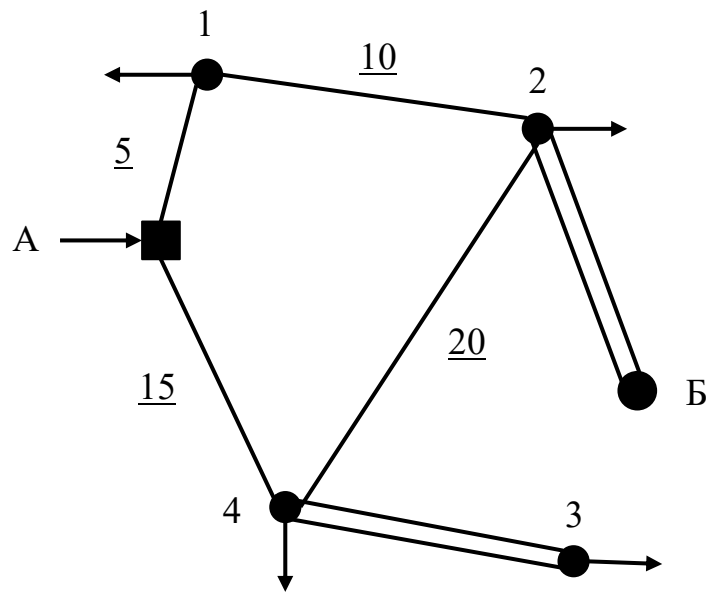
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	15	10	20
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	3000	4000	—

Варіант 22



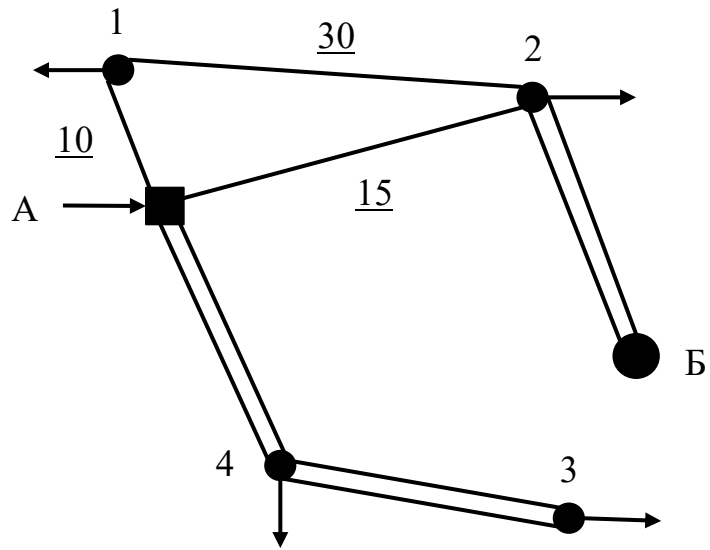
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	15	10	25	10
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	3000	4000	6000	—

Варіант 23



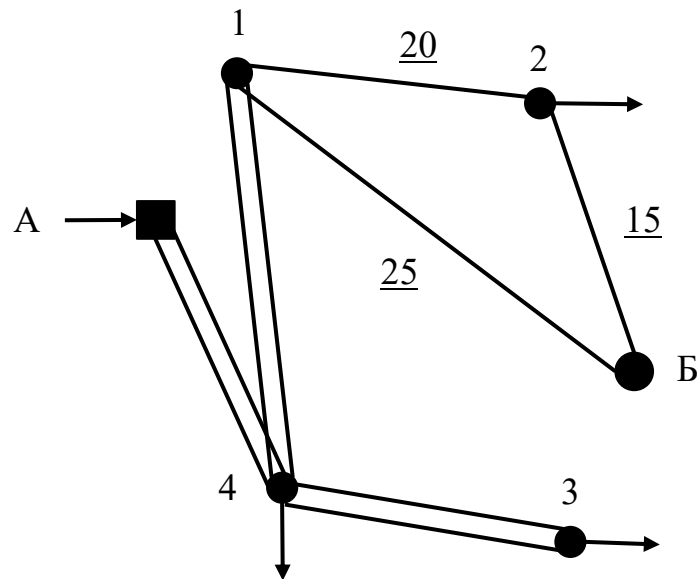
Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	20
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

Варіант 24



Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	10	20	20
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	4000	5000	—

Варіант 25



Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	20	25	10
$T_{нб.у}$, год/рік	3000	4000	5000	6000	—

5.2. Приклад виконання контрольної роботи «Визначення кількості годин використання найбільшого навантаження вузлів та ліній електричної мережі»

Для показаного на рис. 5.1 фрагмента схеми електричної мережі 110 кВ та характеристик вузлів схеми мережі (табл. 5.1) визначаються:

- сумарна кількість годин використання найбільшого навантаження вузлів $T_{\text{нб}} \text{ вузла } \Sigma$;
- кількість годин використання найбільшого навантаження ліній $T_{\text{нб}} \text{ ліній}$.

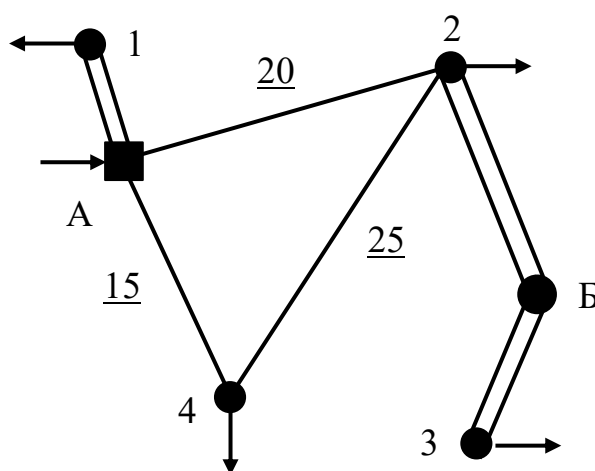


Рисунок 5.1 – Фрагмент схеми електричної мережі 110 кВ

Таблиця 5.1 – Характеристики вузлів фрагмента схеми електричної мережі 110 кВ

Величини	Вузли				
	1	2	3	4	A
P_y , МВт	15	10	15	10	20
$T_{\text{нб},y}$, Год/рік	3000	4000	3000	4000	–

$$T_{\text{нб} \text{ Б-3}} = T_{\text{нб} \text{ 3}} = 3000 \text{ ч};$$

$$T_{\text{нб} \text{ А-1}} = T_{\text{нб} \text{ 1}} = 3000 \text{ ч/год};$$

$$P_{\Lambda \Sigma} = -P_A + P_1 = -20 + 15 = -5 \text{ МВт};$$

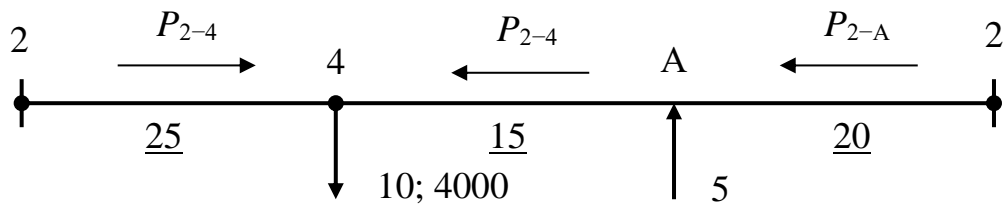


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема електричної мережі

$$P_{2-4} = [P_4 (L_{4-A} + L_{A-2}) - P_{A\Sigma} L_{A-2}] / (L_{2-4} + L_{4-A} + L_{A-2}) =$$

$$= [10 (15 + 20) - 5 \cdot 20] / (25 + 15 + 20) = 4,17 \text{ МВт};$$

$$P_{2-A} = [-P_{A\Sigma} (L_{2-4} + L_{4-A}) + P_4 L_{2-A}] / (L_{2-4} + L_{4-A} + L_{A-2}) =$$

$$= [-5 \cdot (15 + 25) + 10 \cdot 25] / (25 + 15 + 20) = 0,83 \text{ МВт};$$

Перевірка. $P_4 - P_{A\Sigma} = 10 - 5 = 5 \text{ МВт};$

$$P_{2-4} + P_{2-A} = 4,17 + 0,83 = 5 \text{ МВт};$$

$$P_{4-A} = P_{2-4} - P_4 = 4,17 - 10 = -5,83 \text{ МВт}.$$

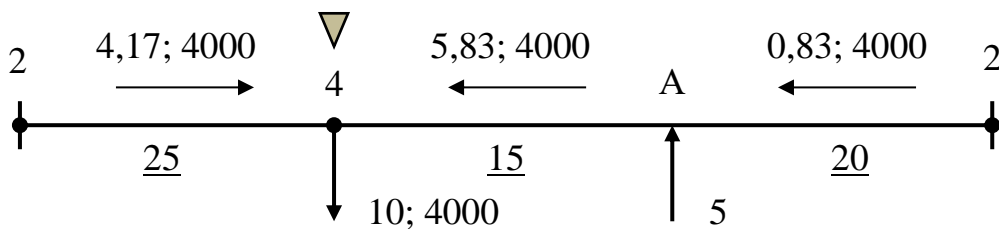


Рисунок 5.3 – Значення $T_{\text{нб.ліній}}$ у замкненій частині електричної мережі

$$T_{\text{нб } 2-4} = T_{\text{нб } 4-A} = T_{\text{нб } 4} = 4000 \text{ ч};$$

$$T_{\text{нб } 2-A} = T_{\text{нб } 4-A} = 4000 \text{ ч};$$

$$T_{\text{нб } 2\Sigma} = (P_{2-4} \cdot T_{\text{нб } 2-4} + P_{2-A} \cdot T_{\text{нб } 2-A} + P_2 \cdot T_{\text{нб } 2}) / (P_{2-4} + P_{2-A} + P_2) =$$

$$= (4,17 \cdot 4000 + 0,83 \cdot 4000 + 10 \cdot 4000) / (4,17 + 0,83 + 10) = 4000 \text{ ч};$$

$$T_{\text{нб } Б-2} = T_{\text{нб } 2\Sigma} = (P_{2-4} \cdot T_{\text{нб } 2-4} + P_{2-A} \cdot T_{\text{нб } 2-A} + P_2 \cdot T_{\text{нб } 2}) / (P_{2-4} + P_{2-A} + P_2) =$$

$$= (4,17 \cdot 4000 + 0,83 \cdot 4000 + 10 \cdot 4000) / (4,17 + 0,83 + 10) = 4000 \text{ ч};$$

$$P_{Б\Sigma} = P_{Б-2} + P_{Б-3} = 15 + 15 = 30 \text{ МВт};$$

$$T_{\text{нб } Б\Sigma} = (P_{Б-2} \cdot T_{\text{нб } Б-2} + P_{Б-3} \cdot T_{\text{нб } Б-3}) / (P_{Б-2} + P_{Б-3}) =$$

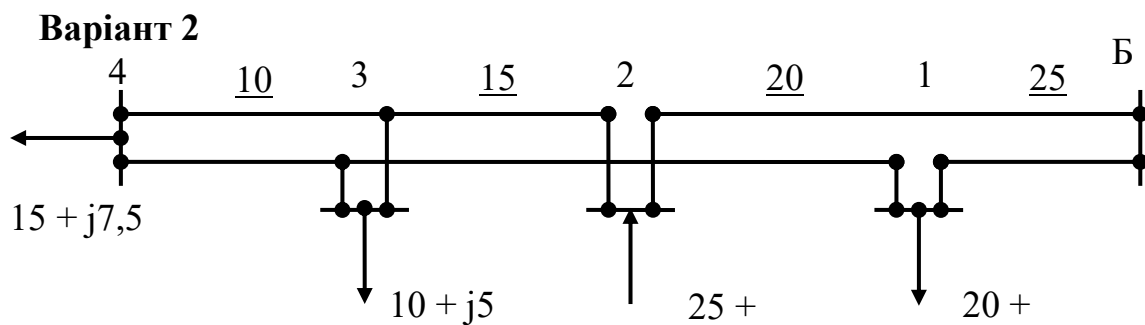
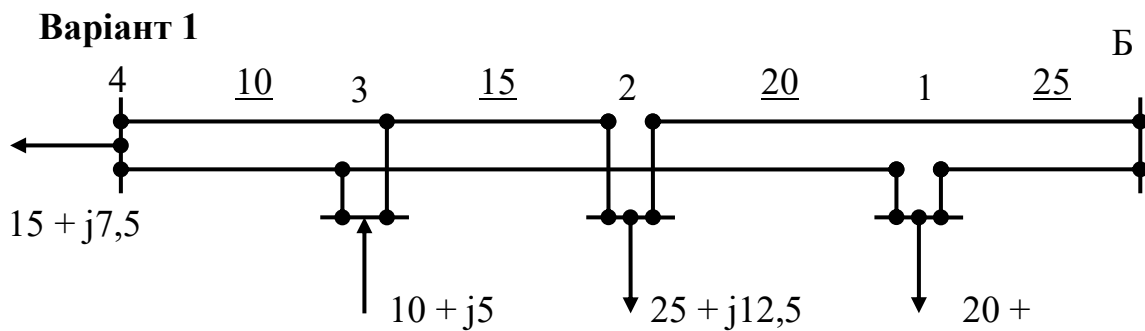
$$= (15 \cdot 4000 + 15 \cdot 3000) / (15 + 15) = 3500 \text{ год}.$$

6. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОКОРОЗПОДІЛУ В НОРМАЛЬНОМУ І ПІСЛЯАВАРІЙНОМУ РЕЖИМАХ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»

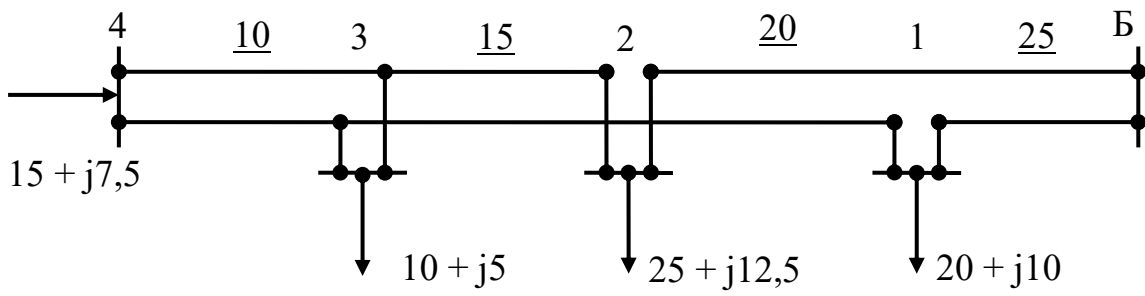
6.1. Вихідні дані для виконання контрольної роботи «Визначення поточкорозподілу в нормальному та післяаварійному режимах електричної мережі»

Для заданих на рисунках варіантів фрагментів схем електричної мережі 110 кВ визначити:

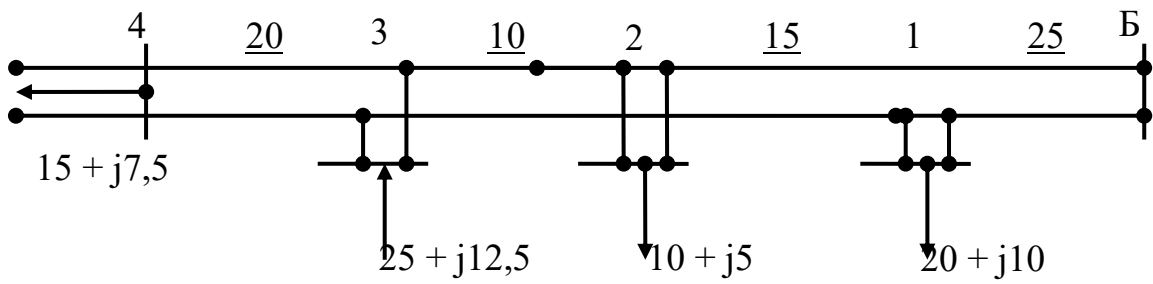
- поточкорозподіл у нормальному режимі;
- поточкорозподіл у характерному післяаварійному режимі.



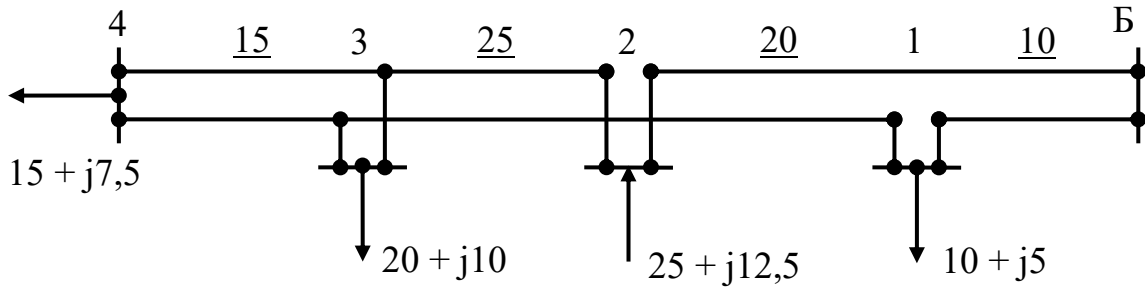
Вариант 3



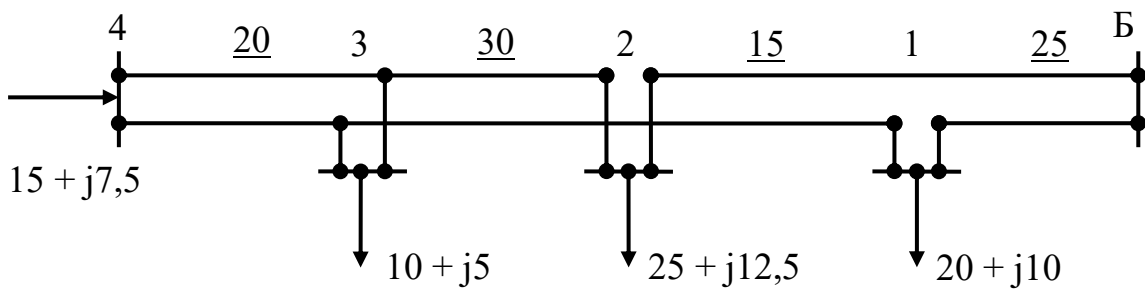
Вариант 4



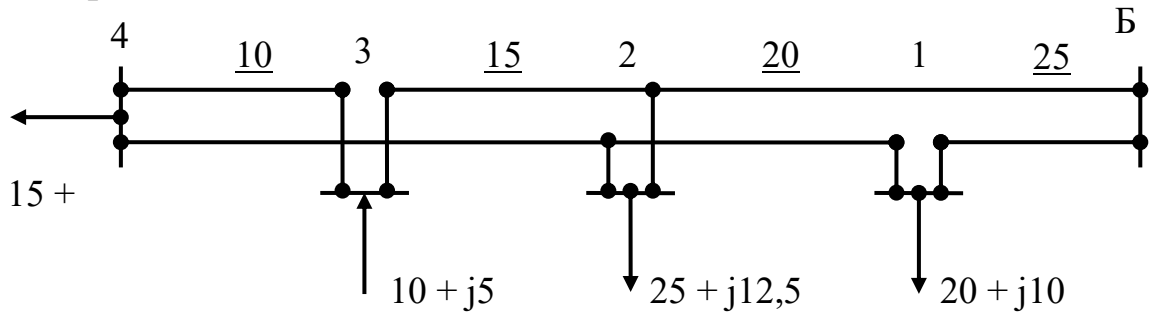
Вариант 5



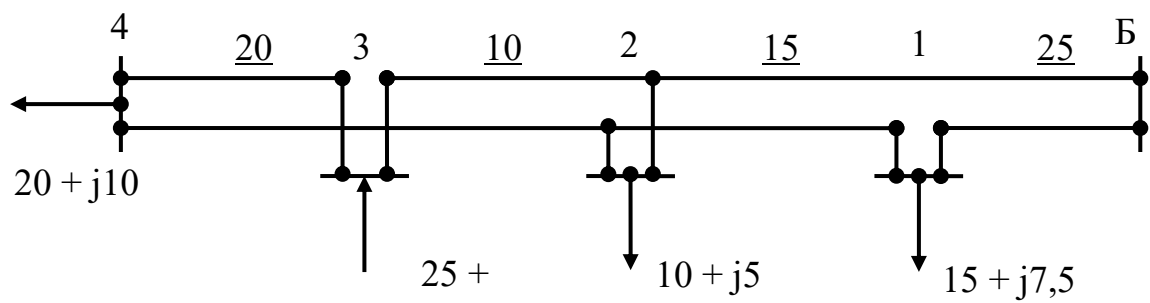
Вариант 6



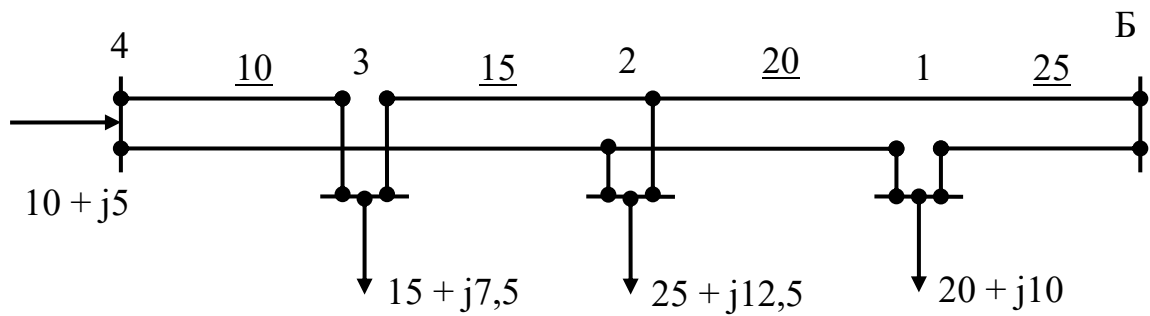
Вариант 7



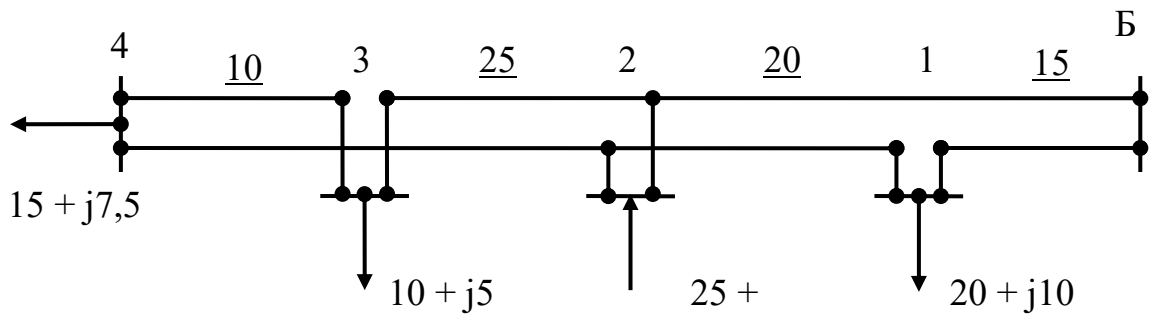
Вариант 8



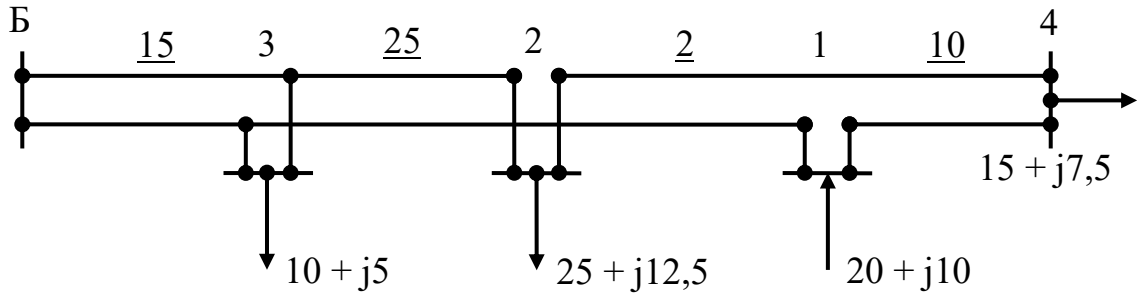
Вариант 9



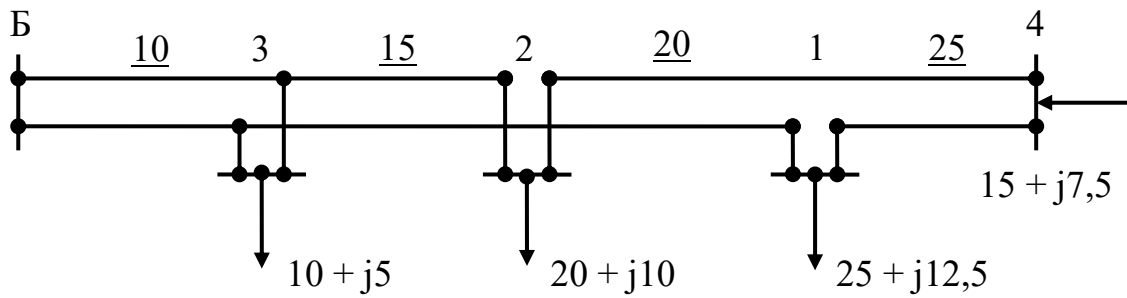
Вариант 10



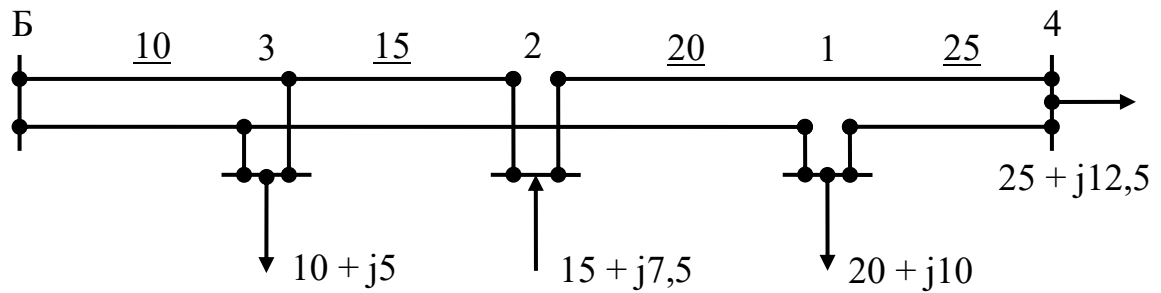
Варіант 11



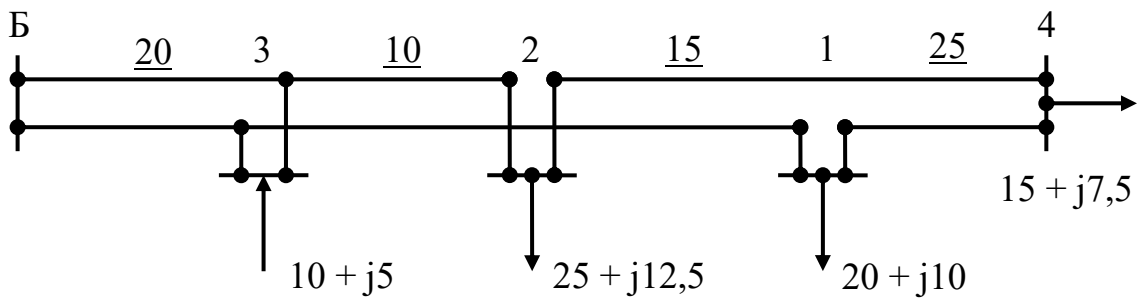
Варіант 12



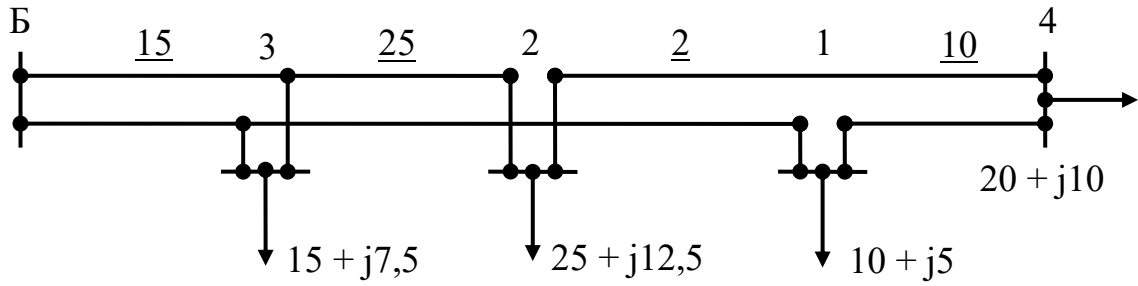
Варіант 13



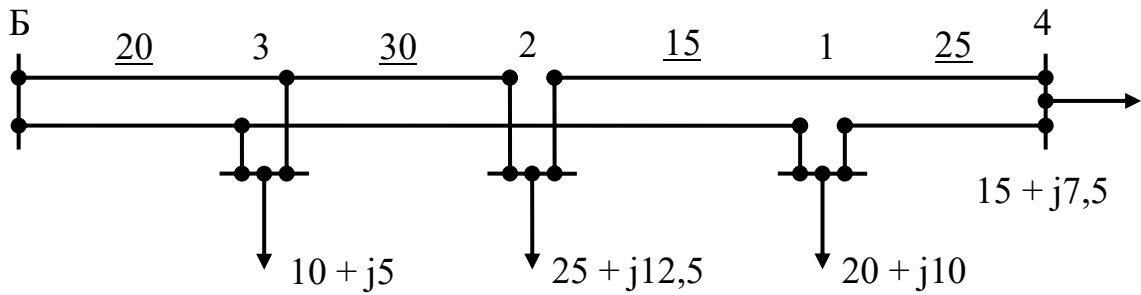
Варіант 14



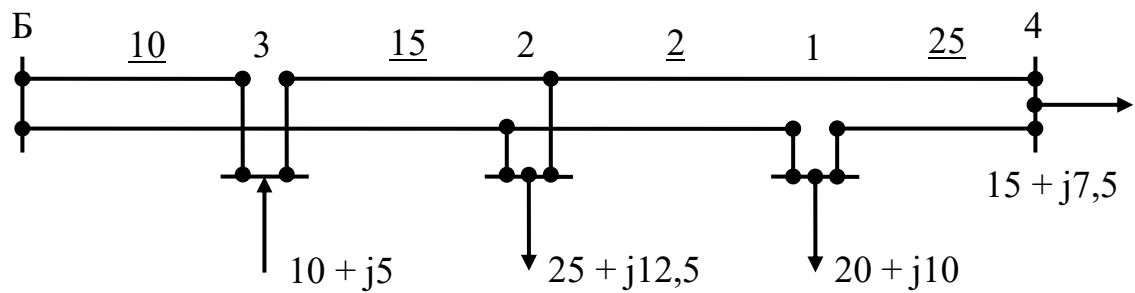
Варіант 15



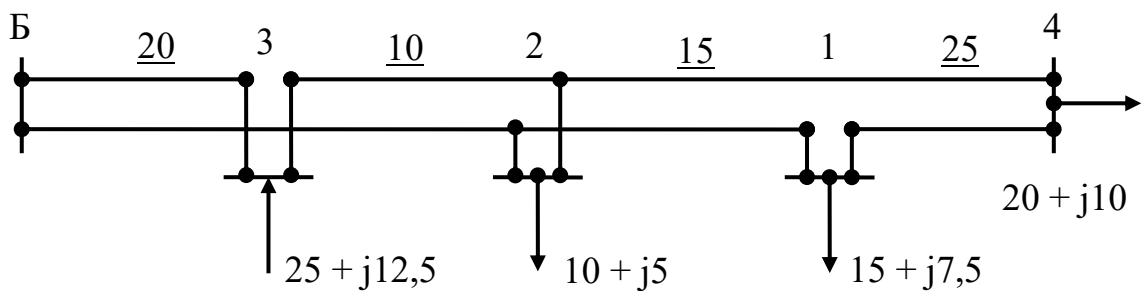
Варіант 16



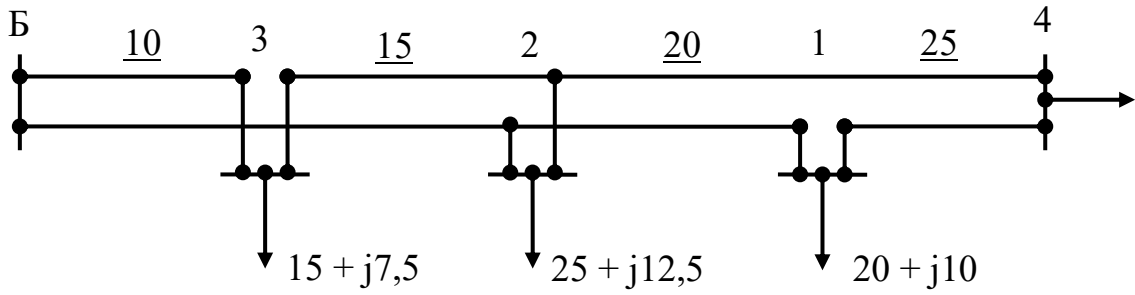
Варіант 17



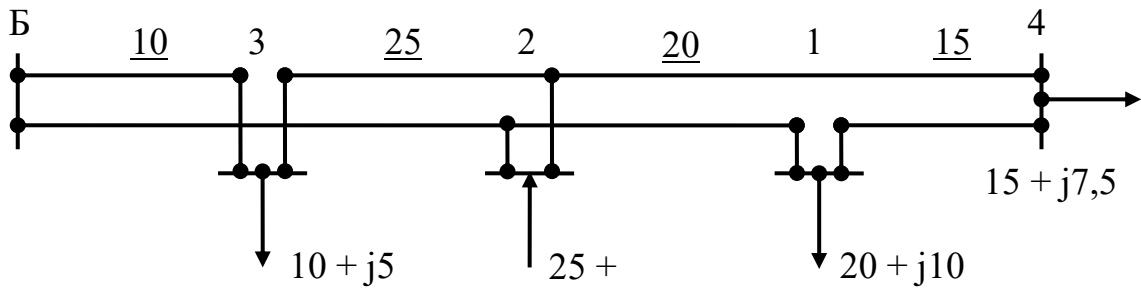
Варіант 18



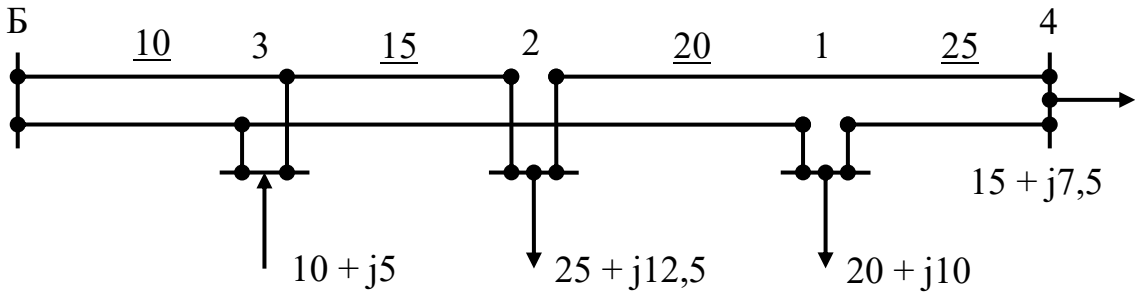
Варіант 19



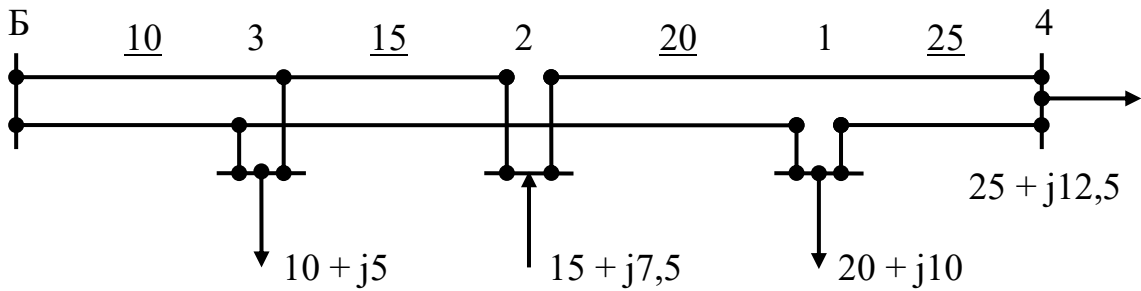
Варіант 20



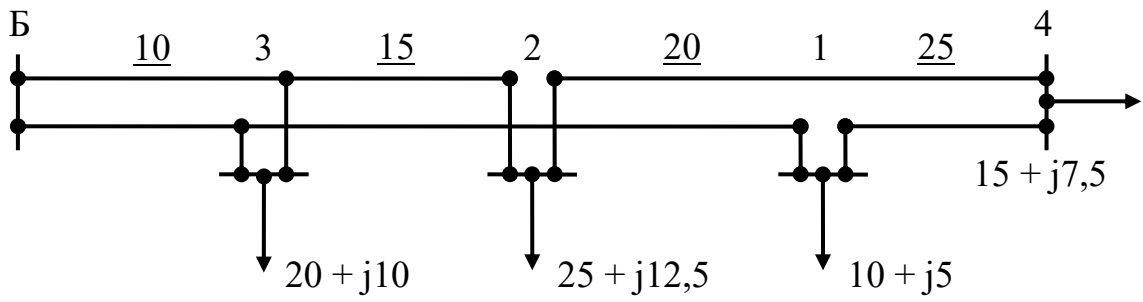
Варіант 21



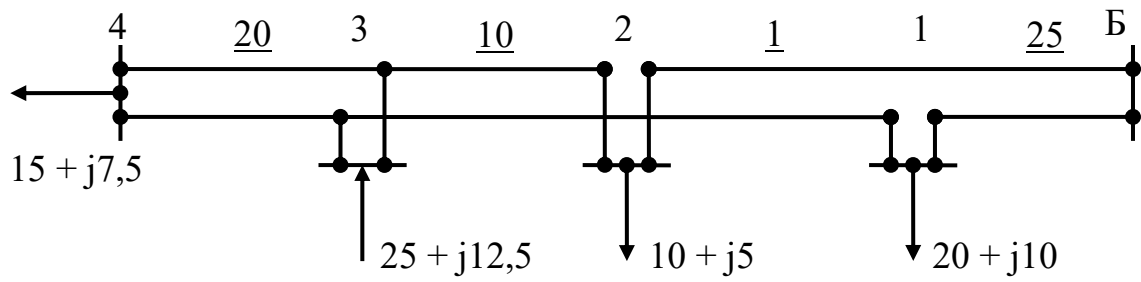
Варіант 22



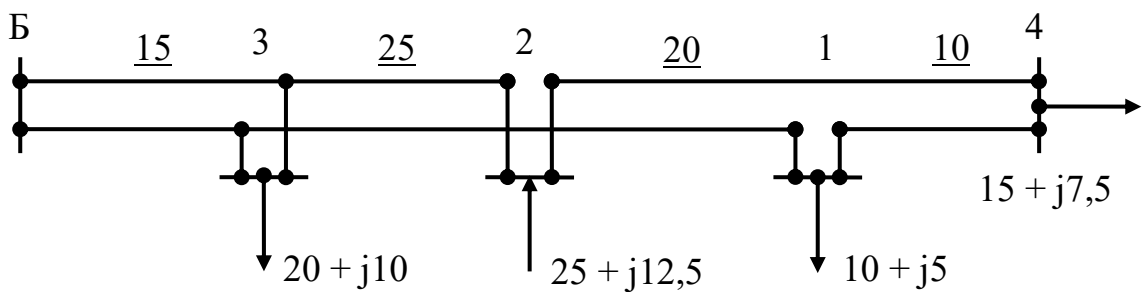
Вариант 23



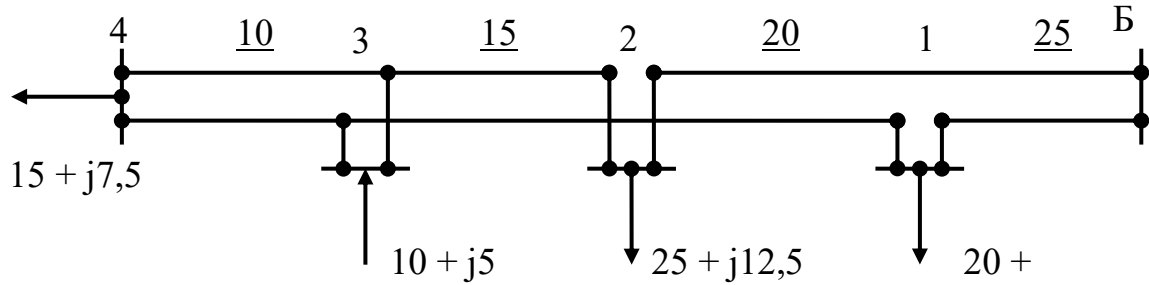
Вариант 24



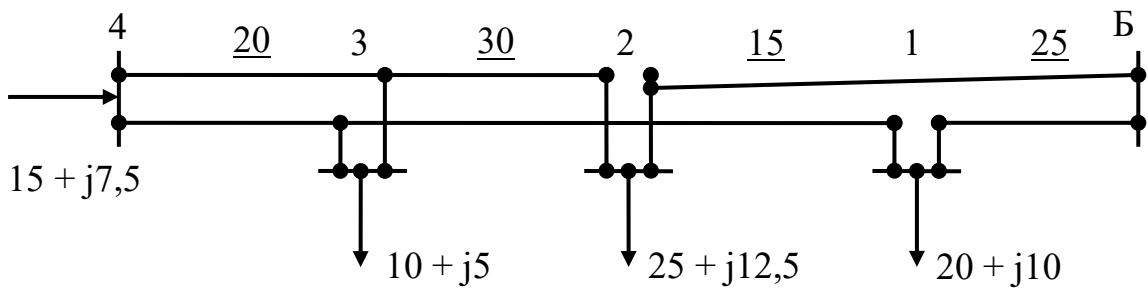
Вариант 25



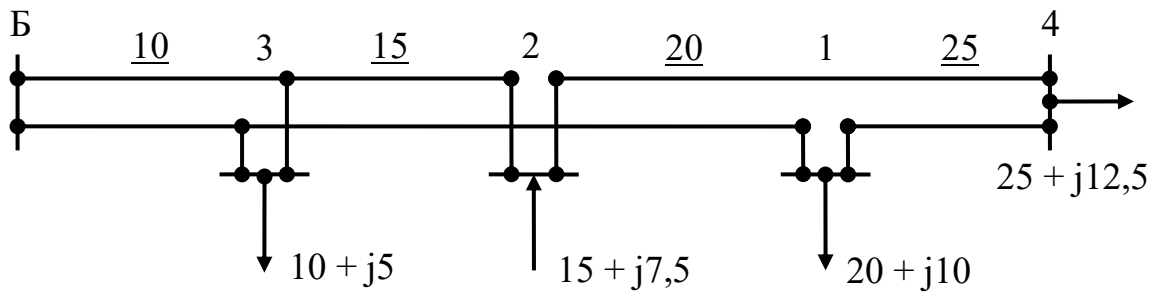
Вариант 26



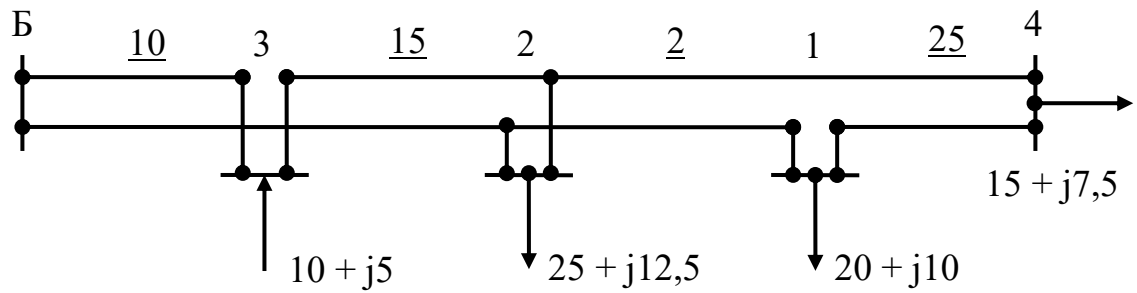
Вариант 27



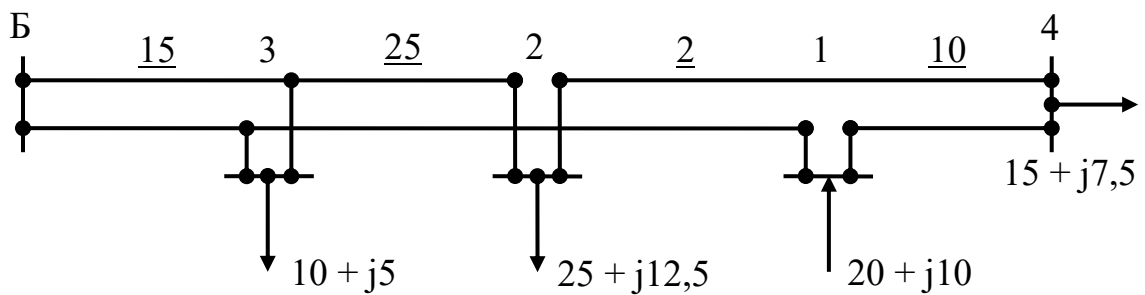
Вариант 28



Вариант 29



Вариант 30



6.2. Приклад виконання контрольної роботи «Визначення потоку розподілу в нормальному та післяаварійних режимах електричної мережі»

Виконання завдання показано на рис. 6.1 фрагменту схеми електричної мережі 110 кВ включає визначення:

- поточкорозподілу у нормальному режимі;
- поточкорозподілу у характерному післяаварійному режимі.

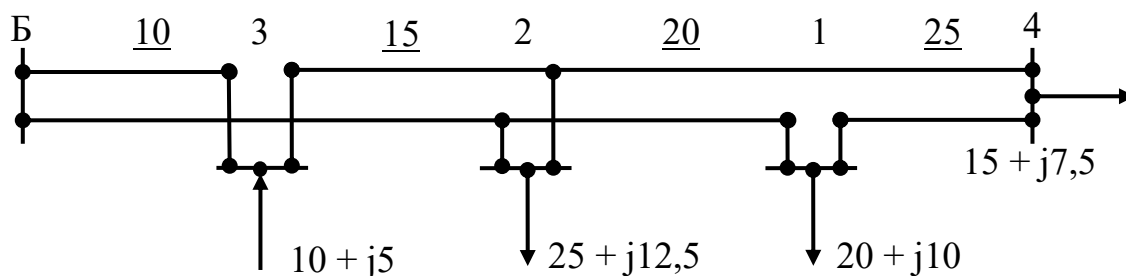


Рисунок 6.1 – Фрагмент вихідної схеми електричної мережі 110 кВ

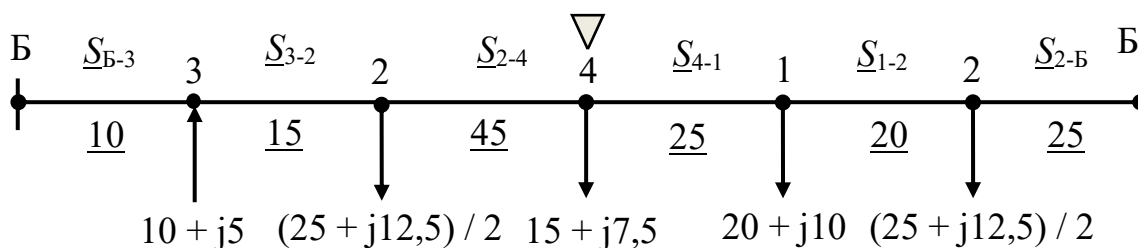


Рисунок 6.2 – Розрахункова схема електричної мережі

Нормальний режим фрагмента схеми електричної мережі (рис. 6.2):

$$\begin{aligned} \underline{S}_{Б-3} &= [-\underline{S}_3 (L_{3-2} + L_{2-4} + L_{4-1} + L_{1-2} + L_{2-Б}) + (\underline{S}_2 / 2) (L_{2-4} + L_{4-1} + \\ &\quad + L_{1-2} + L_{2-Б}) + \\ &\quad + \underline{S}_4 (L_{4-1} + L_{1-2} + L_{2-Б}) + \underline{S}_1 (L_{1-2} + L_{2-Б}) + (\underline{S}_2 / 2) \cdot L_{2-Б}] / \\ &\quad / (L_{Б-3} + L_{3-2} + L_{2-4} + L_{4-1} + L_{1-2} + L_{2-Б}) = \\ &= [- (10 + j5) (15 + 45 + 25 + 20 + 25) + (25 + j12,5) / 2 (45 + 25 + 20 + 25) + \\ &\quad + (15 + j7,5) (25 + 20 + 25) + (20 + j10) (20 + 25) + \\ &\quad + (25 + j12,5) / 2 \cdot 25] / (10 + 15 + 45 + 25 + 20 + 25) = \\ &= (17,143 + j8,571) \text{ МВА}; \end{aligned}$$

$$\underline{S}_{Б-2} = [(\underline{S}_2 / 2) (L_{Б-3} + L_{3-2} + L_{2-4} + L_{4-1} + L_{1-2}) + \underline{S}_1 (L_{Б-3} + L_{3-2} + L_{2-4} + L_{4-1}) +$$

$$\begin{aligned}
& + \underline{S}_4 (L_{Б-3} + L_{3-2} + L_{2-4}) + (\underline{S}_2 / 2) (L_{Б-3} + L_{3-2}) - \underline{S}_3 \cdot L_{Б-3}] / \\
& \quad / (L_{Б-3} + L_{3-2} + L_{2-4} + L_{4-1} + L_{1-2} + L_{2-Б}) = \\
= & [(25 + j12,5) / 2) (10 + 15 + 45 + 25 + 20) + (20 + j10) (10 + 15 + 45 + 25) + \\
& \quad + (15 + j7,5) (10 + 15 + 45) + (25 + j12,5) / 2) (10 + 15) - \\
& \quad - (10 + j5) \cdot 10] / (10 + 15 + 45 + 25 + 20 + 25) = (32,857 + j16,429) \text{ МВА};
\end{aligned}$$

Перевірка. $\underline{S}_{Б-3} + \underline{S}_{Б-2} = \underline{S}_1 + \underline{S}_2 - \underline{S}_3 + \underline{S}_4$.

$$\underline{S}_{Б-3} + \underline{S}_{Б-2} = (17,143 + j8,571) + (32,857 + j16,429) = (50 + j25) \text{ МВА};$$

$$\underline{S}_1 + \underline{S}_2 - \underline{S}_3 + \underline{S}_4 = (20 + j10) + (25 + j12,5) - (10 + j5) + (15 + j7,5) = (50 + j25) \text{ МВА}.$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \underline{S}_{3-2} &= \underline{S}_{Б-3} + \underline{S}_3 = (17,143 + j8,571) + (10 + j5) = \\ &= (27,143 + j13,571) \text{ МВА}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{S}_{2-4} &= \underline{S}_{3-2} - \underline{S}_2 / 2 = (27,143 + j13,571) - (12,5 + j6,25) = \\ &= (14,643 + j7,321) \text{ МВА}; \end{aligned}$$

$$\underline{S}_{4-1} = \underline{S}_{2-4} - \underline{S}_4 = (14,643 + j7,321) - (15 + j7,5) = - (0,357 + j0,179) \text{ МВА};$$

$$\begin{aligned} \underline{S}_{1-2} &= \underline{S}_{4-1} - \underline{S}_1 = - (0,357 + j0,179) - (20 + j10) = \\ &= - (20,357 + j10,179) \text{ МВА}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \underline{S}_{2-Б} &= \underline{S}_{1-2} - \underline{S}_2 / 2 = - (20,357 + j10,179) - (12,5 + j6,25) = \\ &= (32,857 + j16,429) \text{ МВА}. \end{aligned}$$

Характерний післяаварійний режим фрагмента схеми електричної мережі:

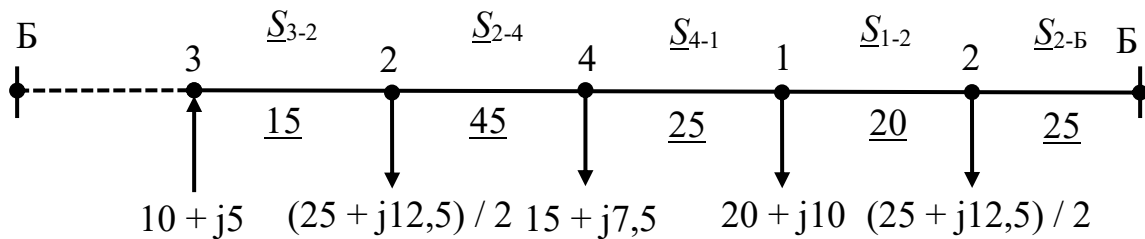


Рисунок 6.3 – Післяаварійний режим електричної мережі

$$\underline{S}_{3-2} = S_3 = (10 + j5) \text{ МВА};$$

$$\underline{S}_{2-4} = - \underline{S}_{3-2} + \underline{S}_2 / 2 = - (10 + j5) + (25 + j12,5) / 2 = (2,5 + j1,25) \text{ МВА};$$

$$\underline{S}_{4-1} = \underline{S}_{2-4} + \underline{S}_4 = (2,5 + j1,25) + (15 + j7,5) = (17,5 + j8,75) \text{ МВА};$$

$$\underline{S}_{1-2} = \underline{S}_{4-1} + \underline{S}_1 = (17,5 + j8,75) + (20 + j10) = (37,5 + j18,75) \text{ МВА};$$

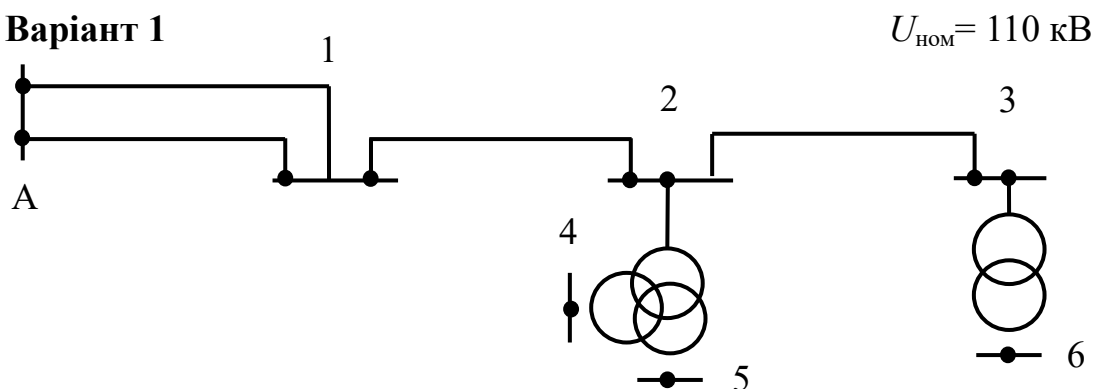
$$\underline{S}_{2-Б} = \underline{S}_{1-2} - \underline{S}_2 / 2 = (37,5 + j18,75) + (25 + j12,5) / 2 = (50 + j25) \text{ МВА}.$$

7. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «СКЛАДАННЯ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ РОЗІМКНУТОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»

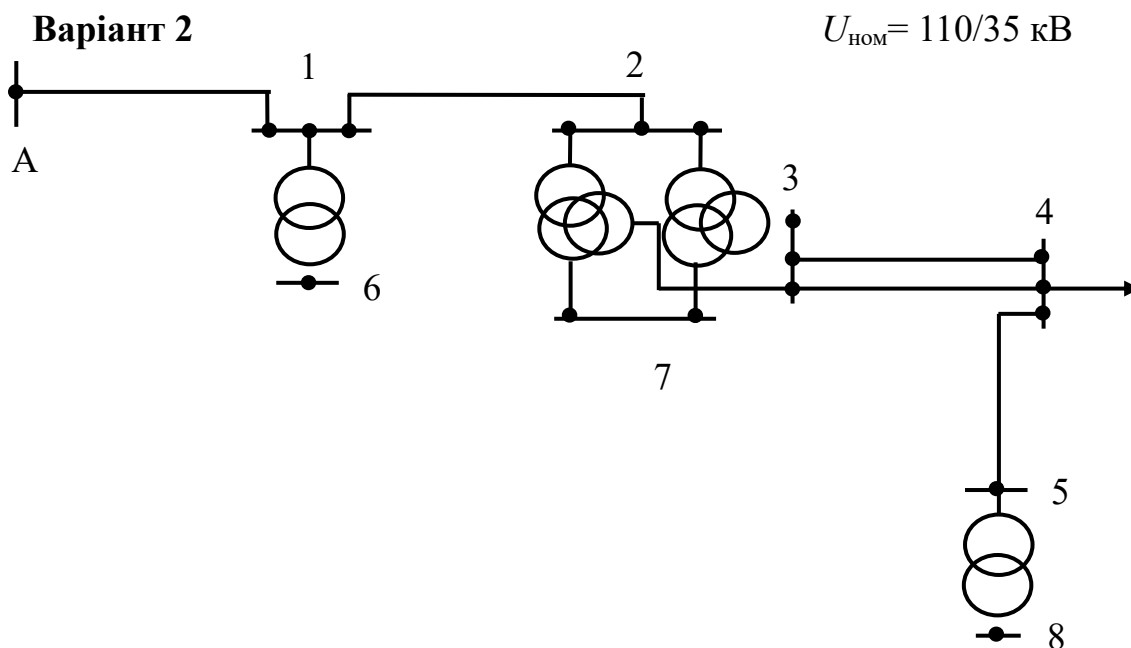
7.1. Вихідні дані для виконання контрольної роботи «Складання схеми заміщення розімкненої електричної мережі»

Для заданих на рисунках фрагментів схем електричної мережі відповідної напруги скласти схеми заміщення.

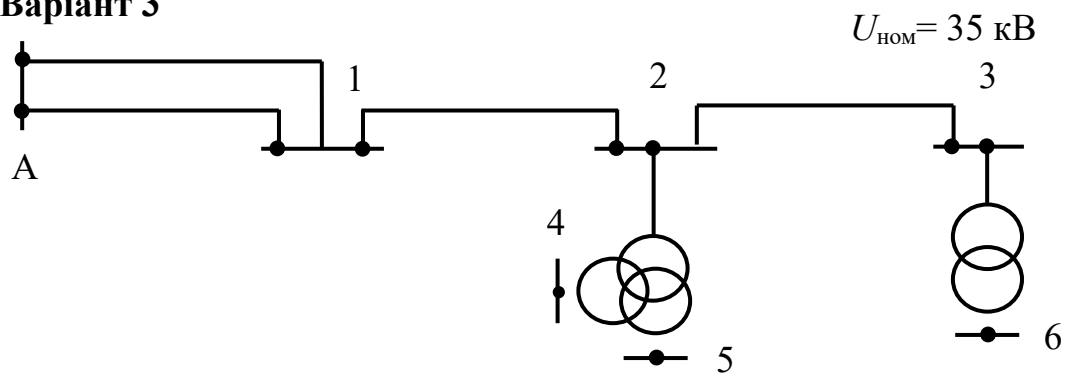
Варіант 1



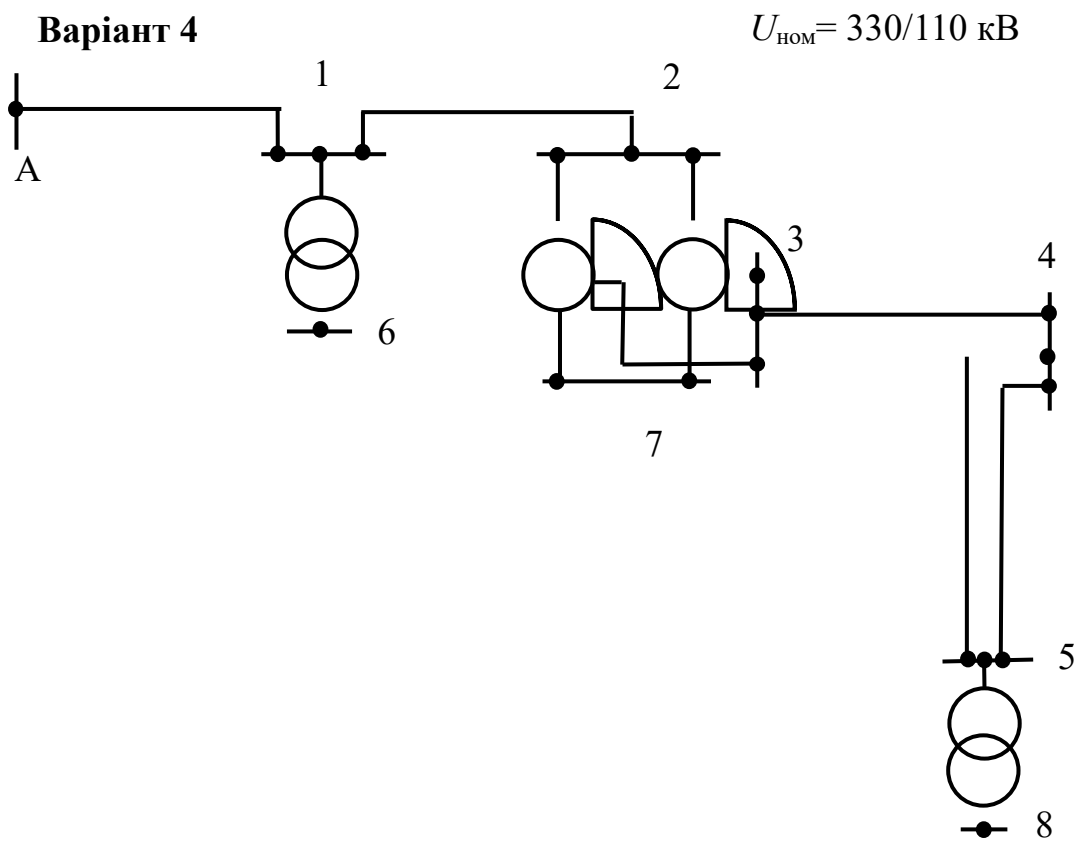
Варіант 2



Варіант 3

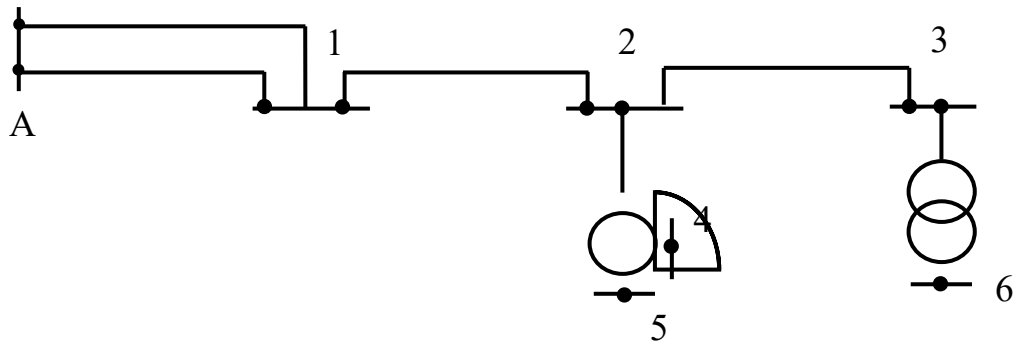


Варіант 4



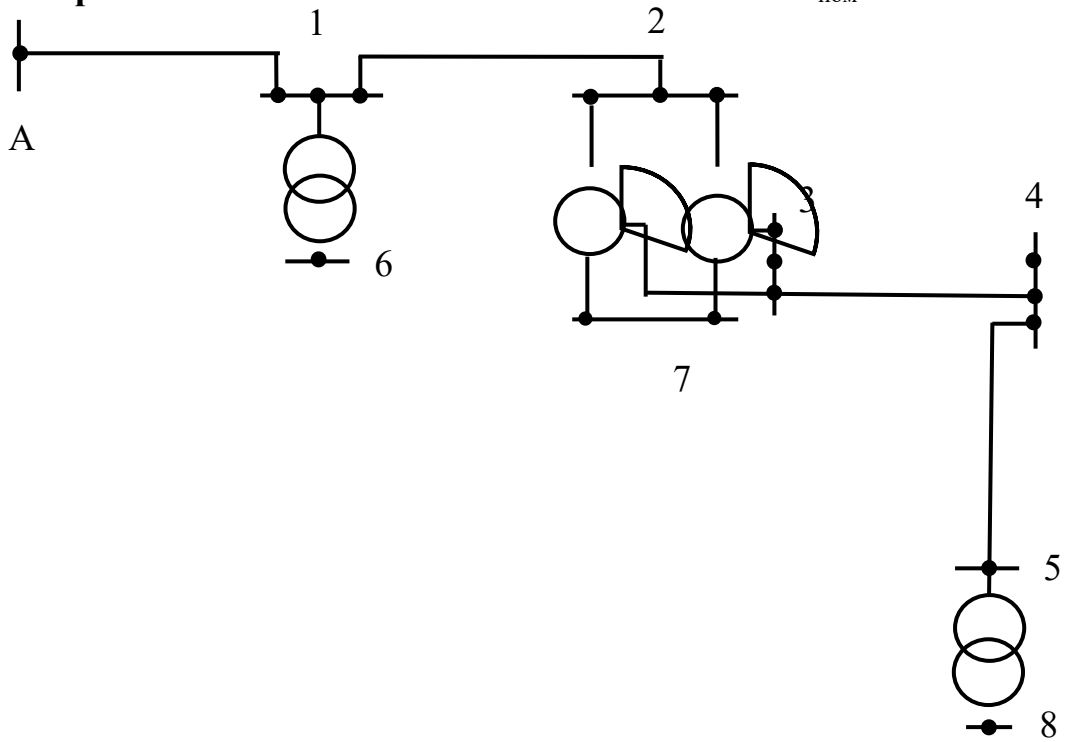
Вариант 5

$U_{\text{НОМ}} = 330 \text{ кВ}$



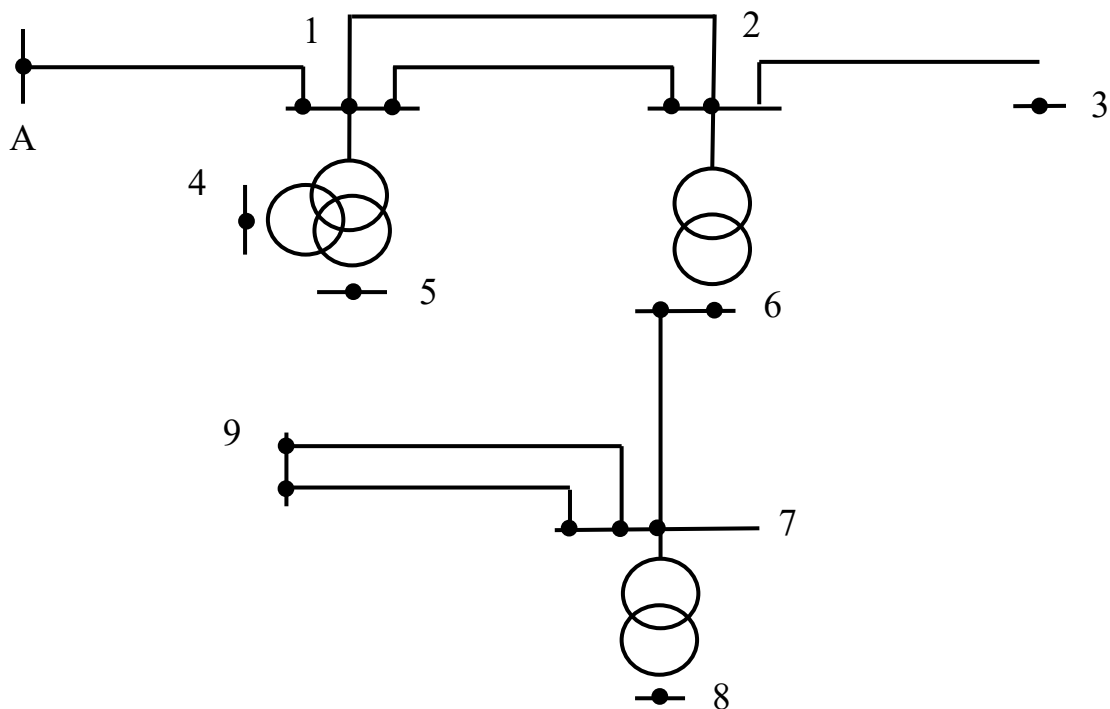
Вариант 6

$U_{\text{НОМ}} = 500/220 \text{ кВ}$



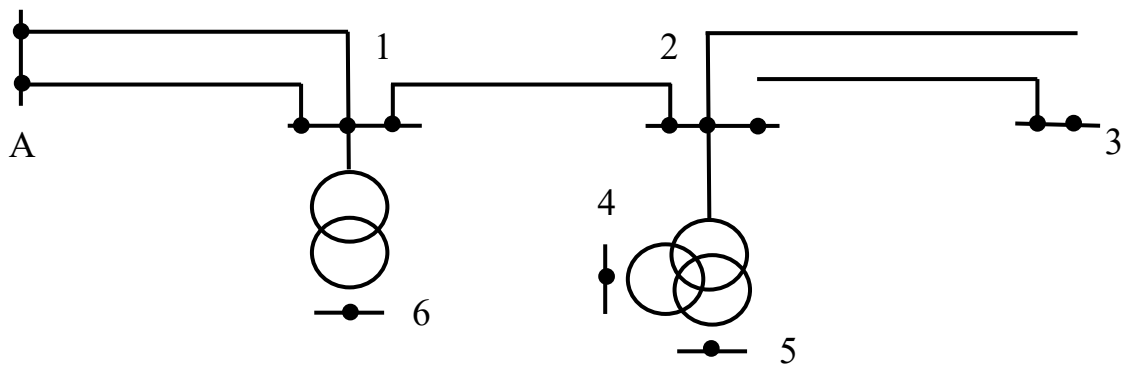
Вариант 7

$U_{\text{НОМ}} = 150/35 \text{ кВ}$



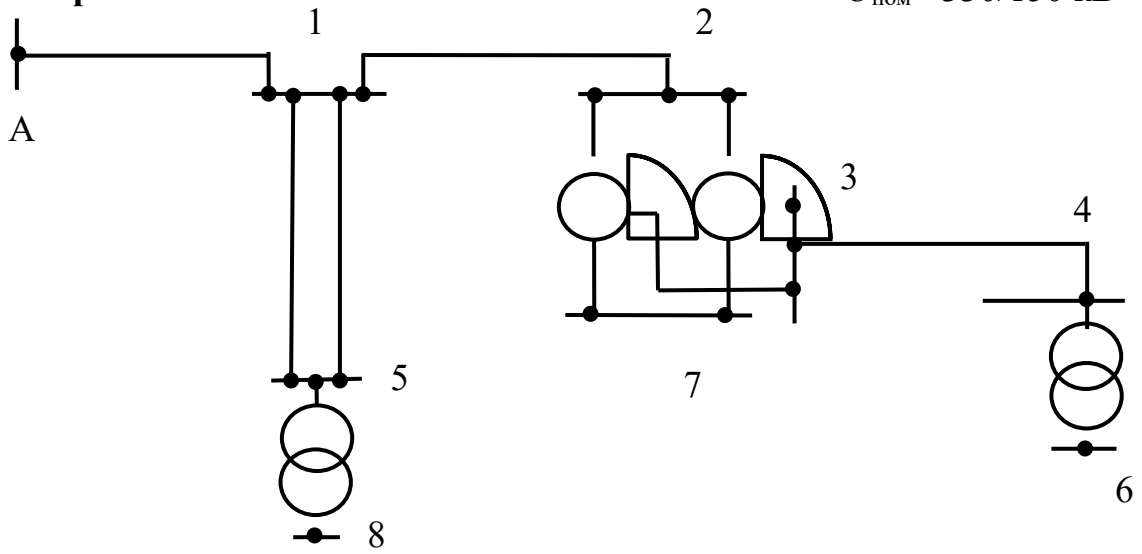
Вариант 8

$U_{\text{НОМ}} = 220 \text{ кВ}$



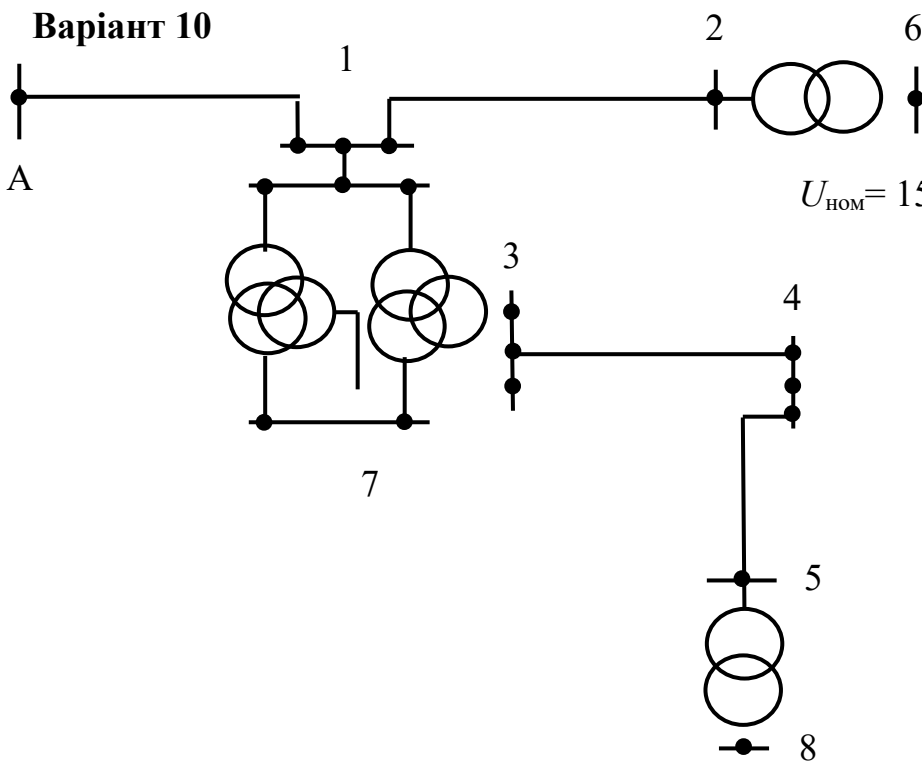
Вариант 9

$U_{\text{НОМ}} = 330/150 \text{ кВ}$

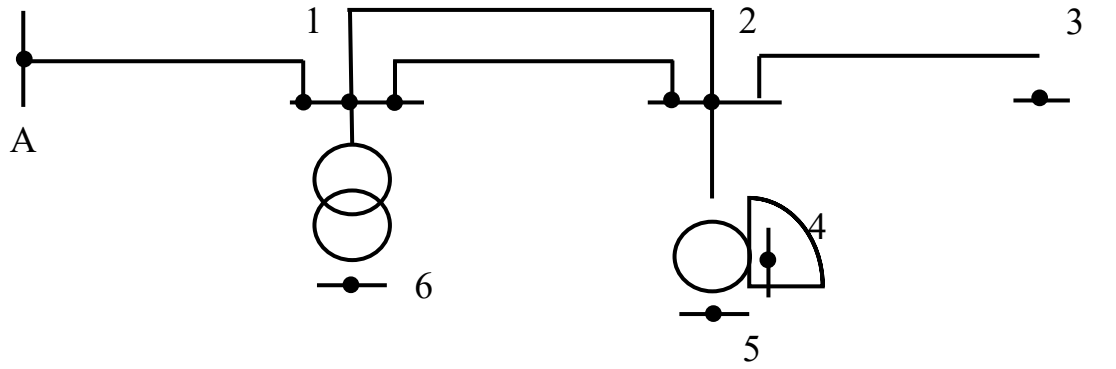


Вариант 10

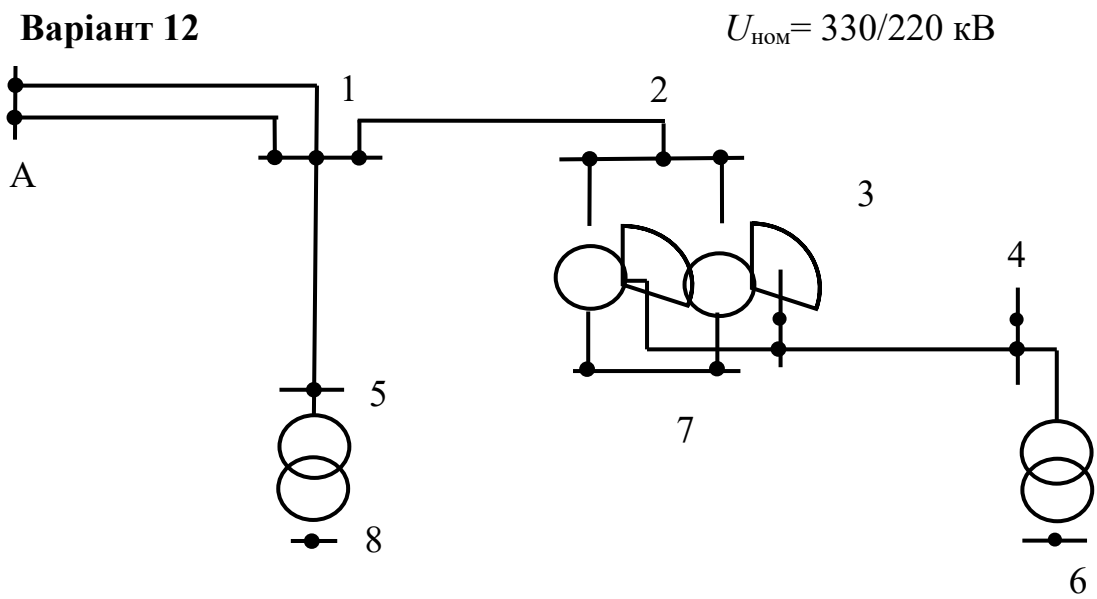
$U_{\text{НОМ}} = 150/35 \text{ кВ}$



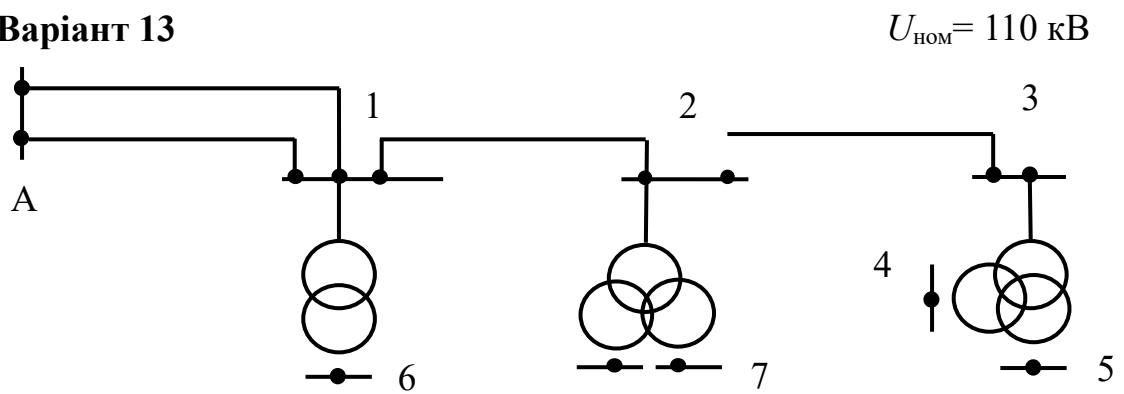
Варіант 11



Варіант 12

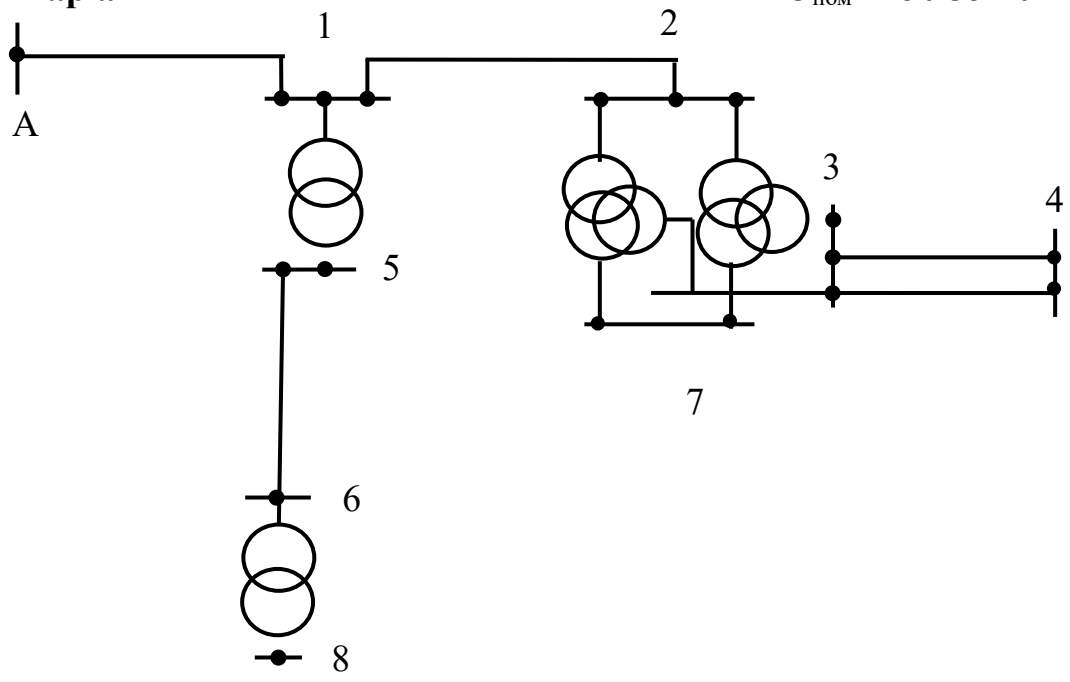


Варіант 13



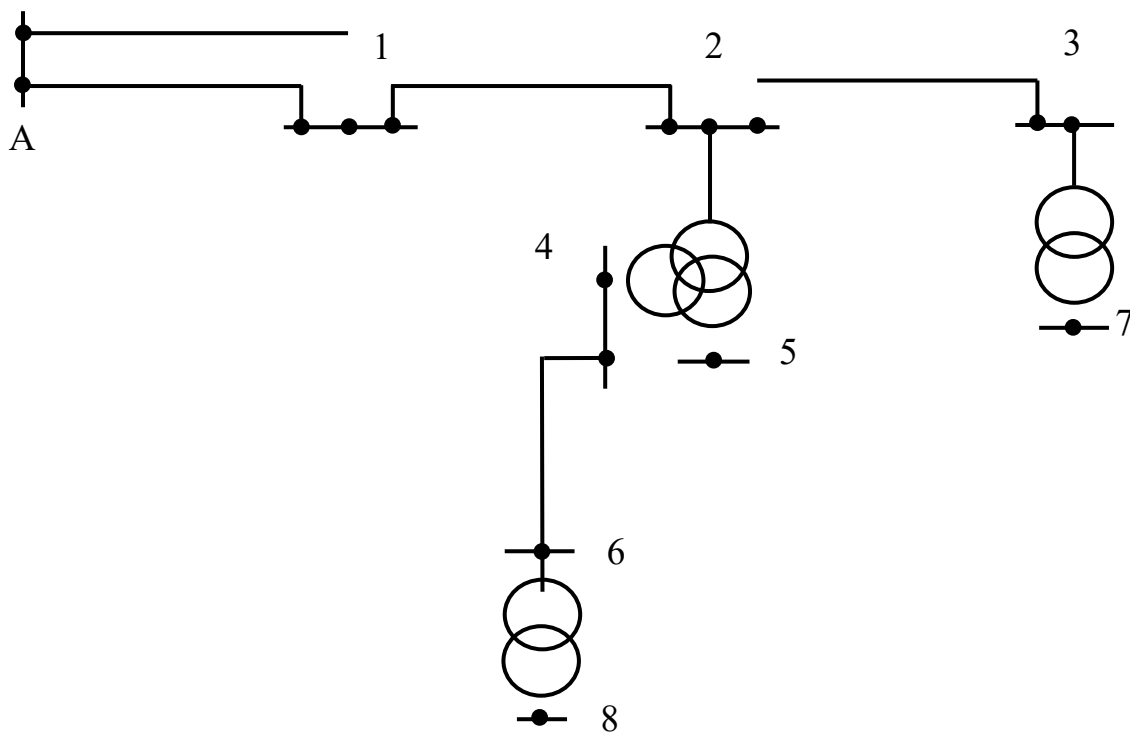
Вариант 14

$U_{\text{НОМ}} = 150/35/10 \text{ кВ}$



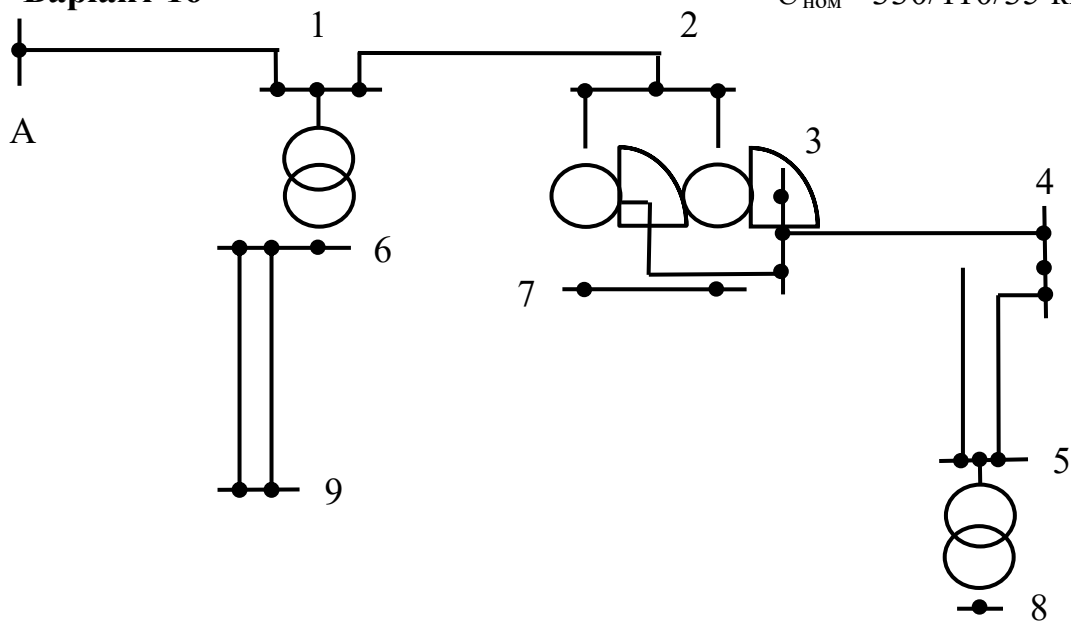
Вариант 15

$U_{\text{НОМ}} = 150/35 \text{ кВ}$



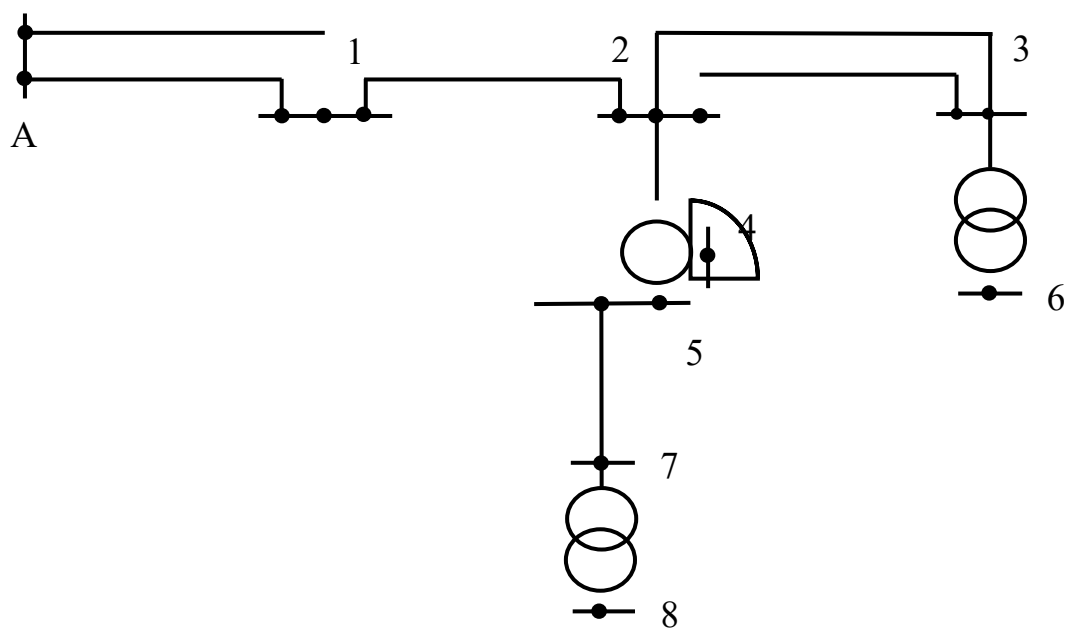
Вариант 16

$U_{\text{НОМ}} = 330/110/35 \text{ кВ}$



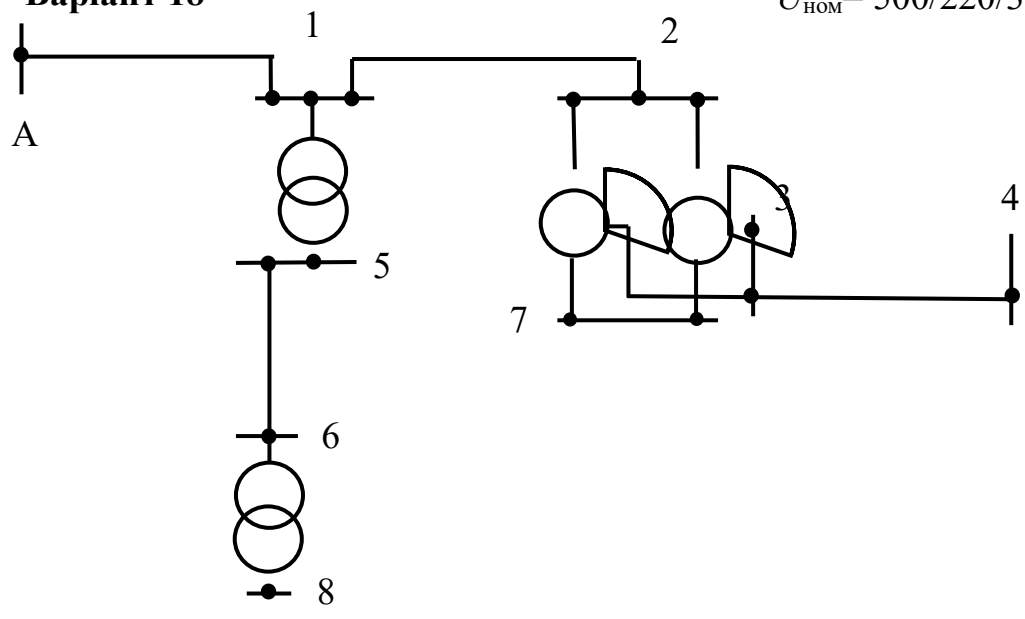
Варіант 17

$U_{\text{НОМ}} = 330/35 \text{ кВ}$

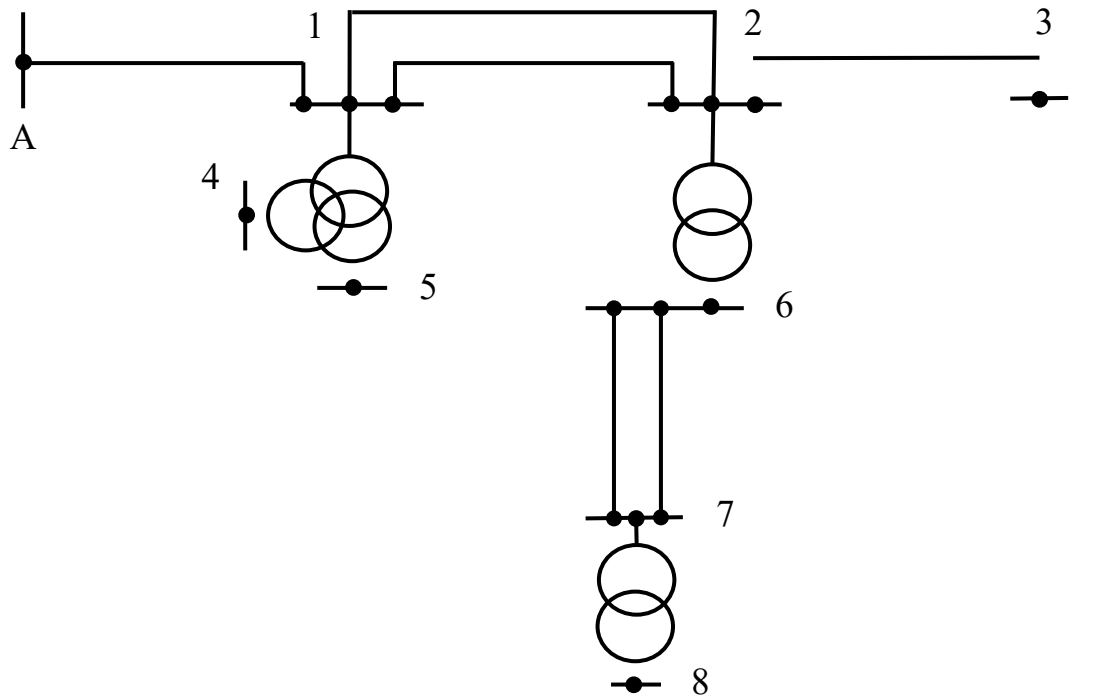


Варіант 18

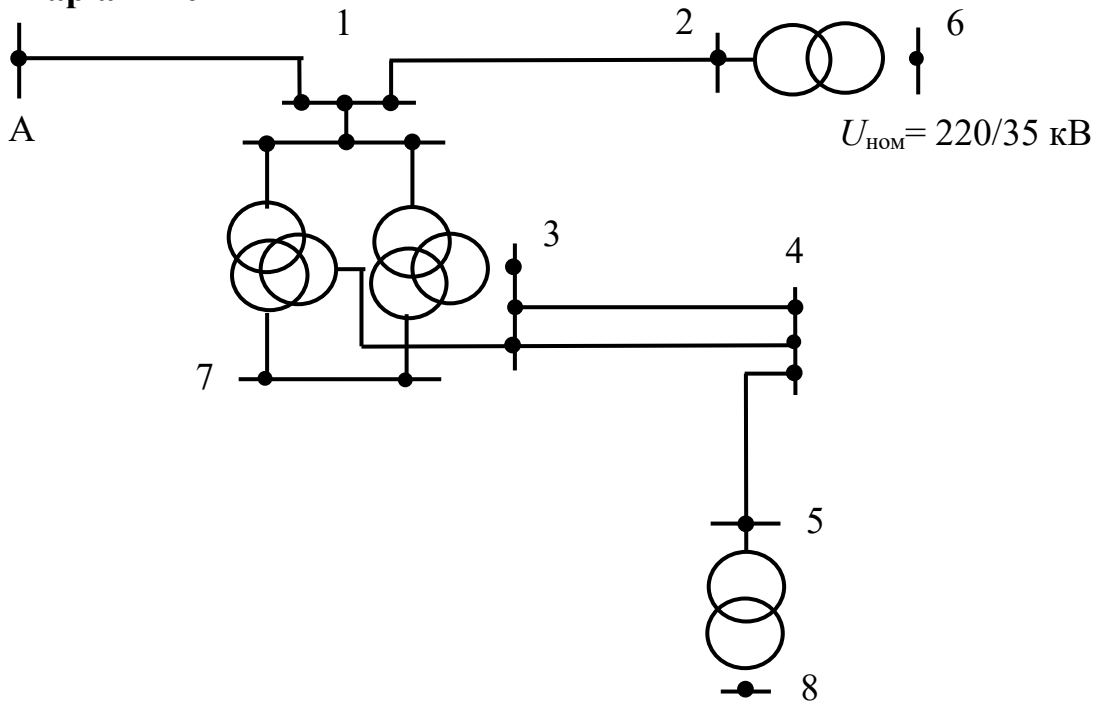
$U_{\text{НОМ}} = 500/220/35 \text{ кВ}$



Вариант 19

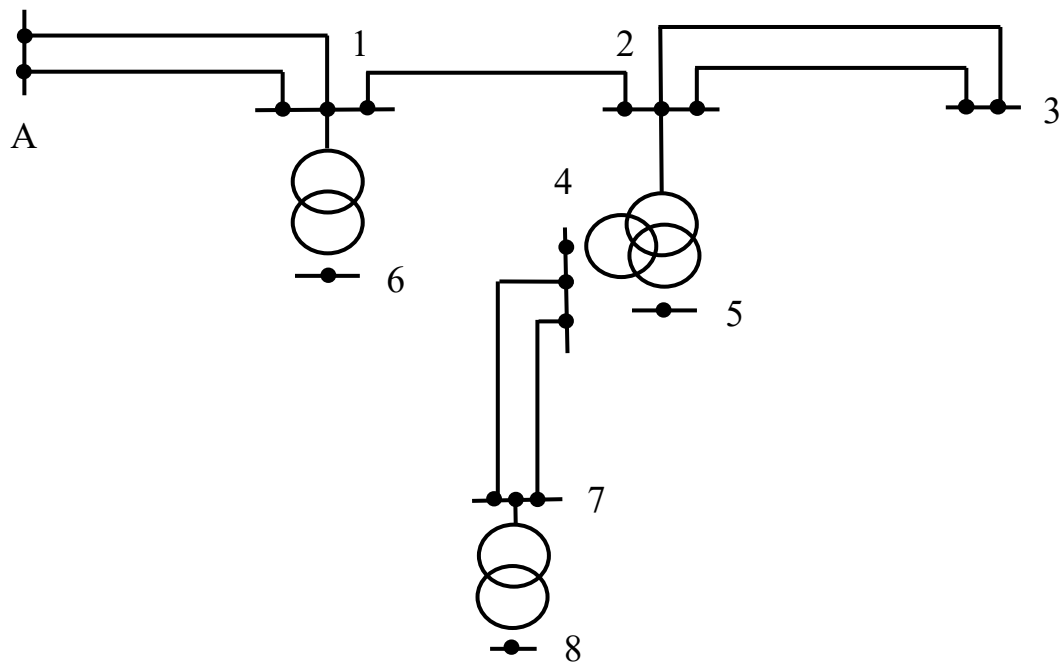


Вариант 20



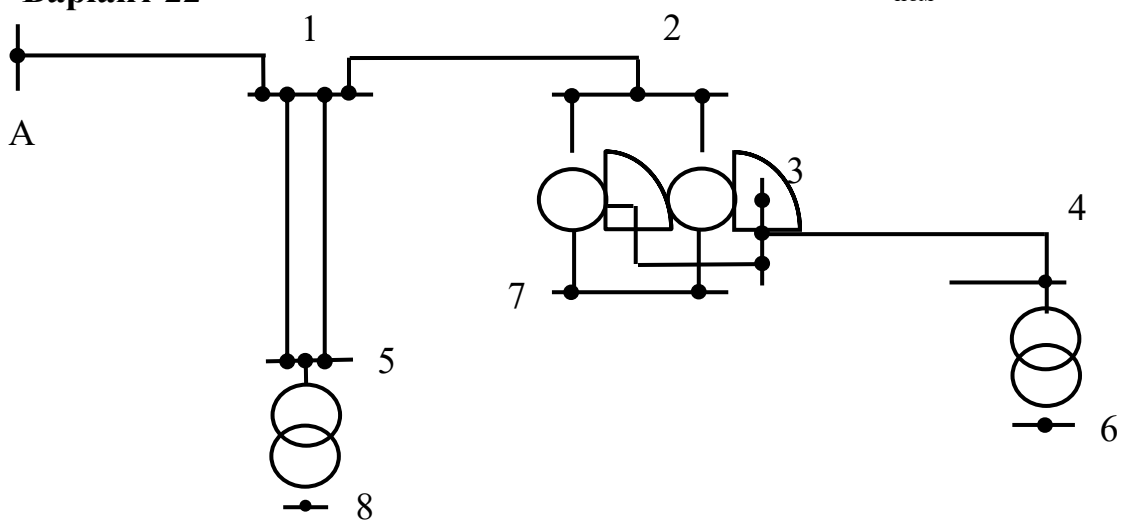
Варіант 21

$U_{\text{НОМ}} = 220/35 \text{ кВ}$

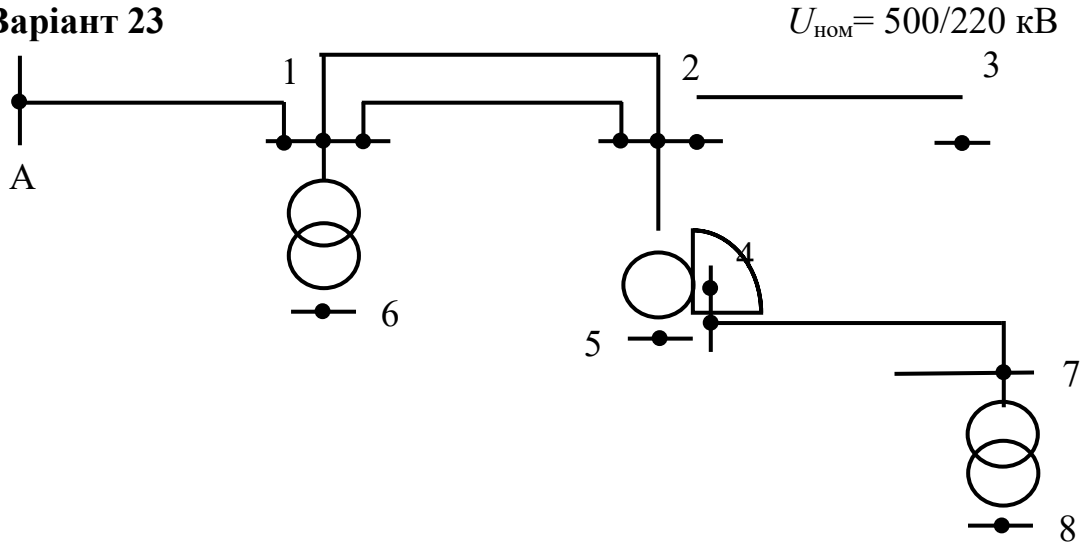


Варіант 22

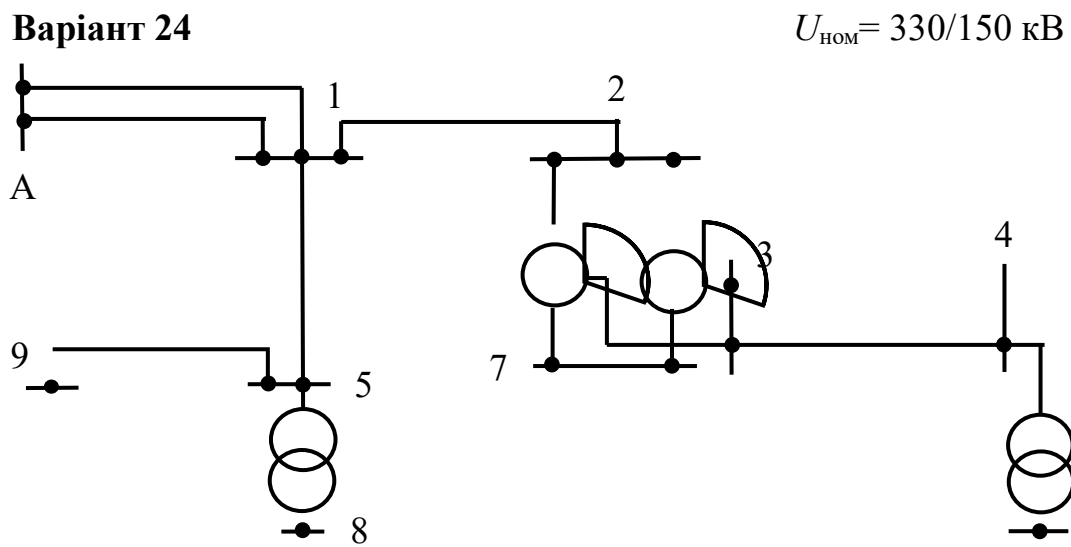
$U_{\text{НОМ}} = 330/110 \text{ кВ}$



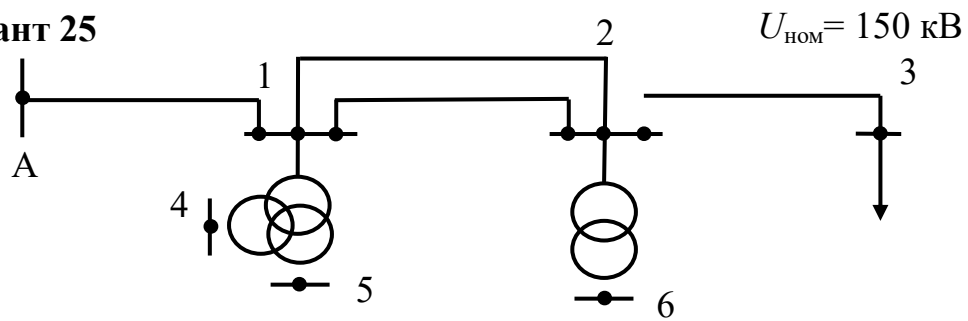
Варіант 23



Варіант 24



Варіант 25



6

7.2. Приклад виконання контрольної роботи «Складання схеми заміщення розімкнутої електричної мережі»

Для заданої на рис. 7.1 розімкнутої електричної мережі 330/150 кВ скласти схему заміщення.

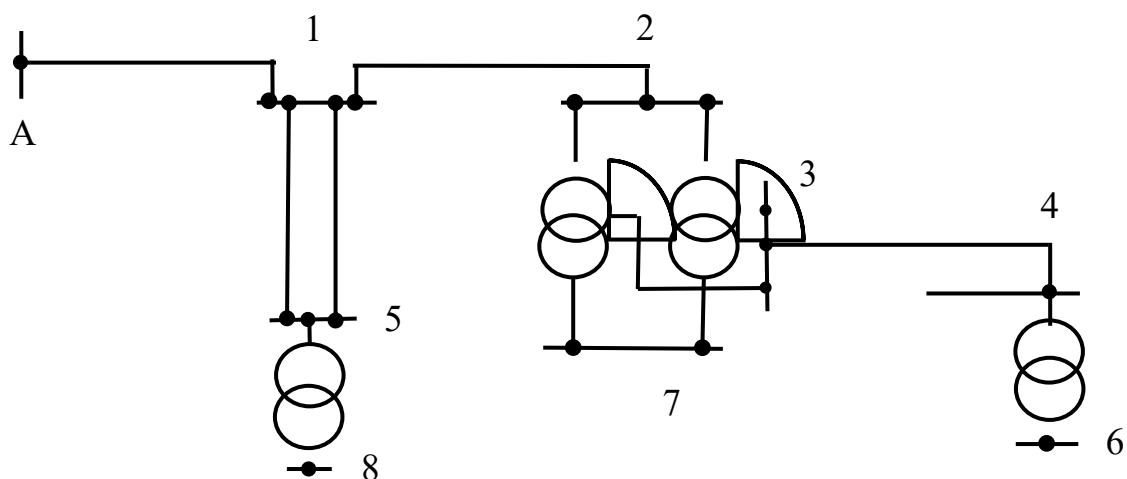


Рисунок 7.1 – Розімкнена електрична мережа 330/150 кВ

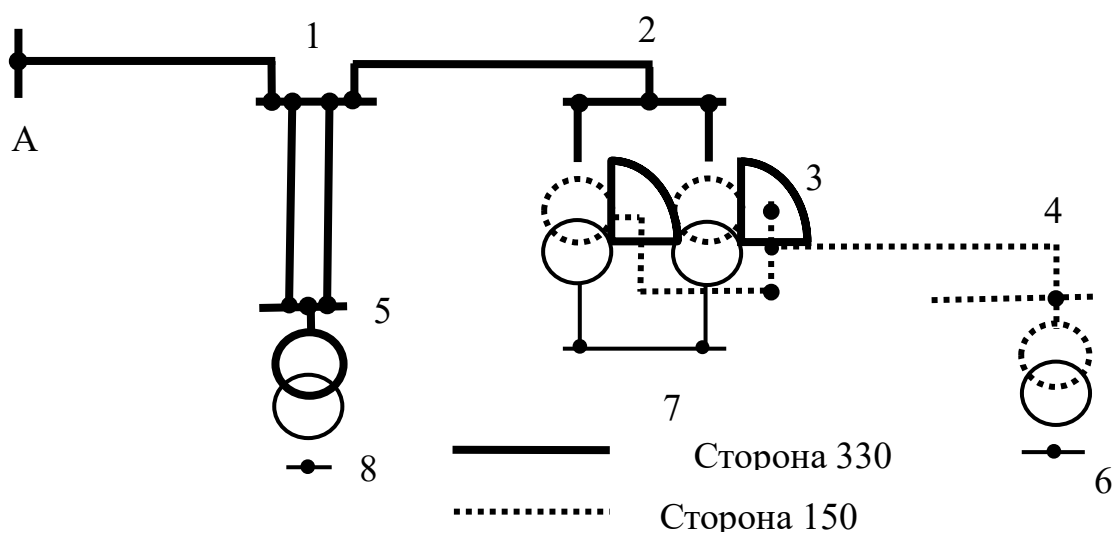


Рисунок 7.2 – Розімкнена електрична мережа 330/150 кВ із зазначенням ділянок напругою 330 та 150 кВ

Схема заміщення розімкнутої електричної мережі складається з використанням довідкових даних про схеми заміщення ліній, двох-і триобмотувальних трансформаторів, а також автотрансформаторів, наведених у підрозділ. 7.3.

7.3. Довідкові дані про схеми ОРУ тупикових, відгалужувальних, прохідних та вузлових ПС електричних мереж 110 кВ

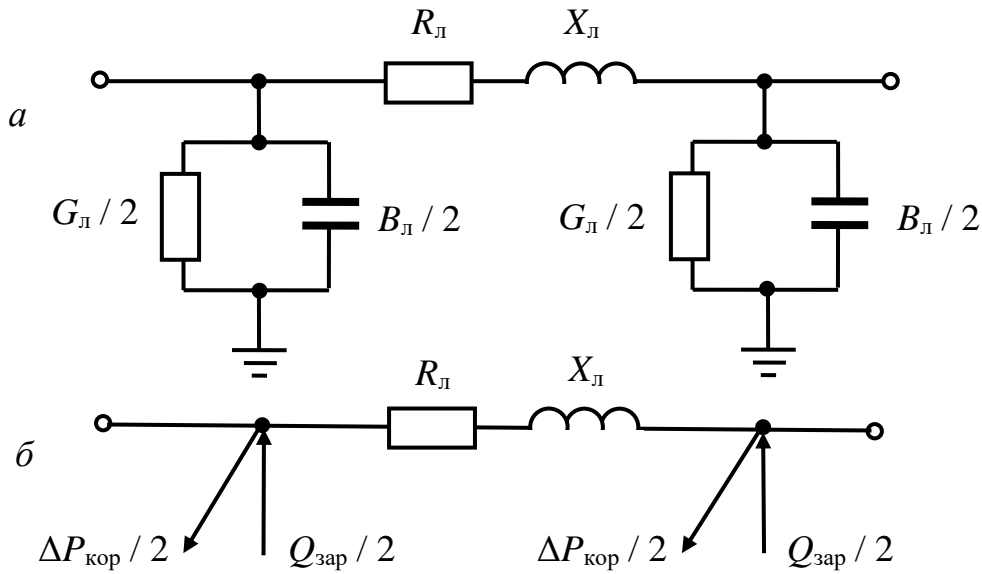


Рисунок 7.3 – П-подібна повна (а) та розрахункова (б) схеми заміщення

ПЛ з $U_{ном} \geq 330$ кВ

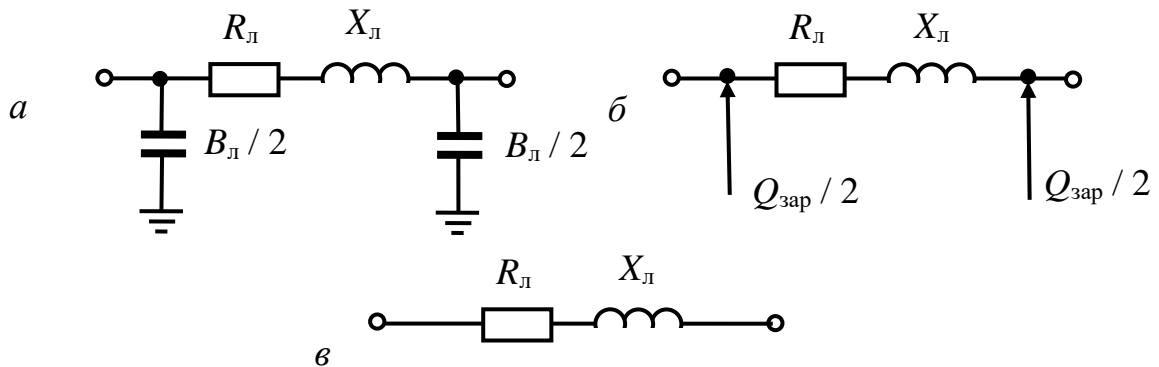


Рисунок 7.4–П-подібна повна (а) та розрахункова (б) схеми заміщення ПЛ з $U_{ном} = 110-220$ кВ (а, б) и 35 кВ (в)

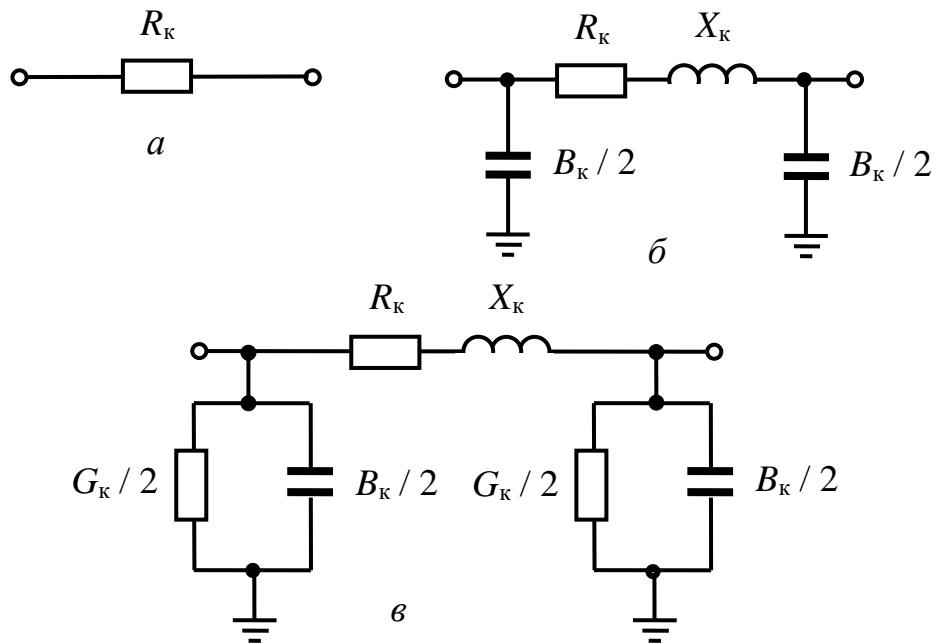


Рисунок 7.5– Схеми заміщення КЛ до 10 кВ(а), 20 кВ(б), 35 кВ та вище (в)

Примітка. При паралельному з'єднанні ліній їх узагальнені параметри у схемах заміщення визначаються за співвідношеннями:

$$\underline{Z}_л / n_л = (R_л + jX_л) / n_л; \quad \underline{Y}_л n_л = (G_л + jB_л) n_л;$$

$$\underline{S}_{\text{попер}} n_л = (\Delta P_{\text{кор}} - jQ_{\text{зар}}) n_л,$$

де $n_л$ – кількість ланцюгів ліній.

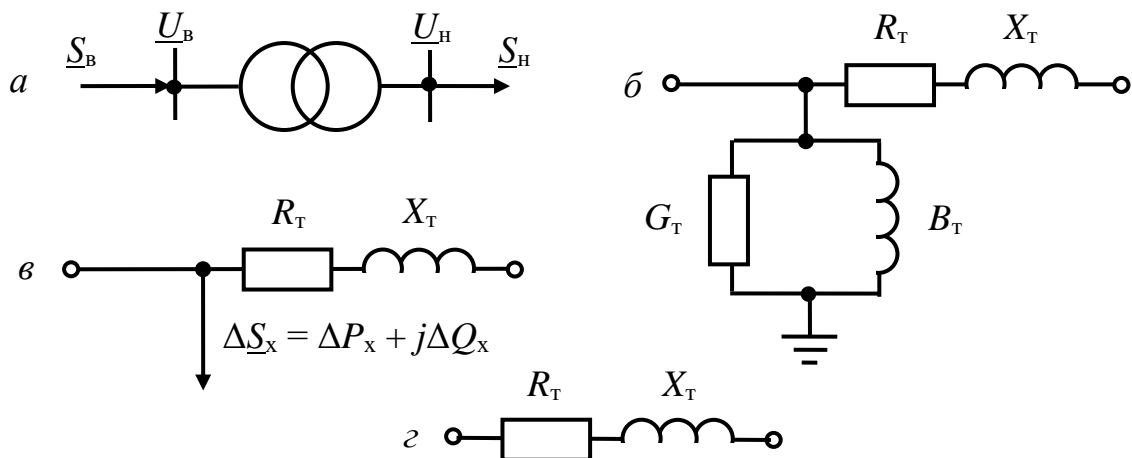


Рисунок 7.6 – Позначення (а) та Г-подібні повна (б) та розрахункова (в) схеми заміщення двообмотувальних трансформаторів з $U_{\text{ном.в}} \geq 35$ кВ (б, в) і $U_{\text{ном.в}} = 10$ кВ (в)

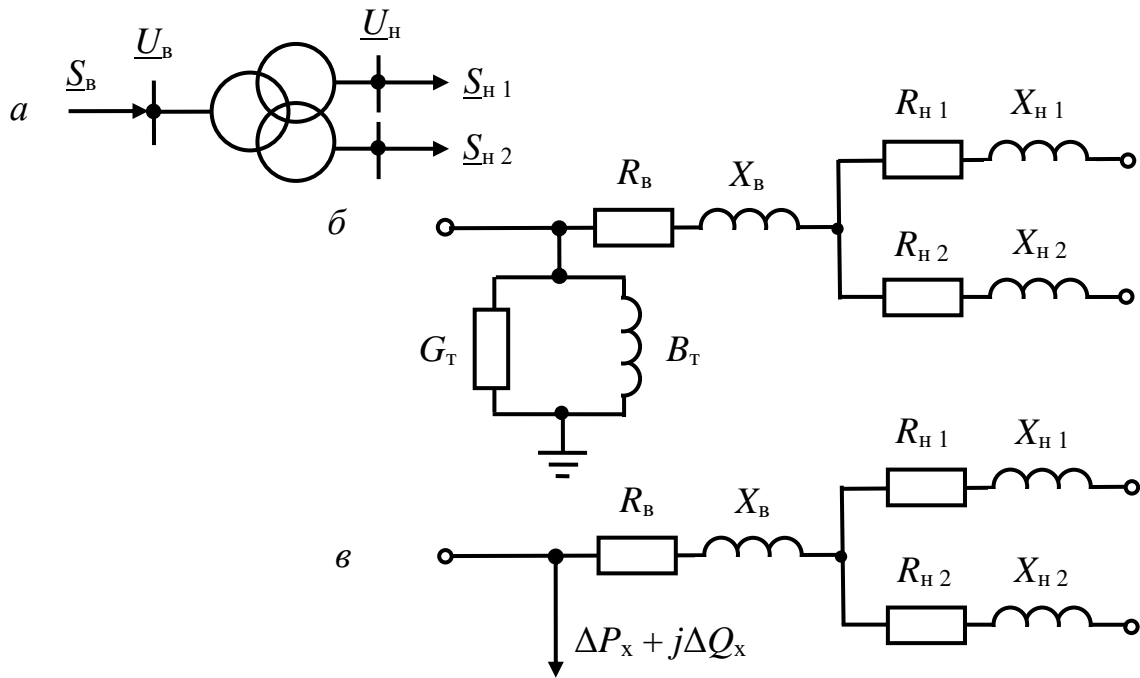


Рисунок 7.7 – Позначення (а), променеві повна (б) та розрахункова (в) схеми заміщення двообмотувальних трансформаторів з розщепленими обмотками низької напруги

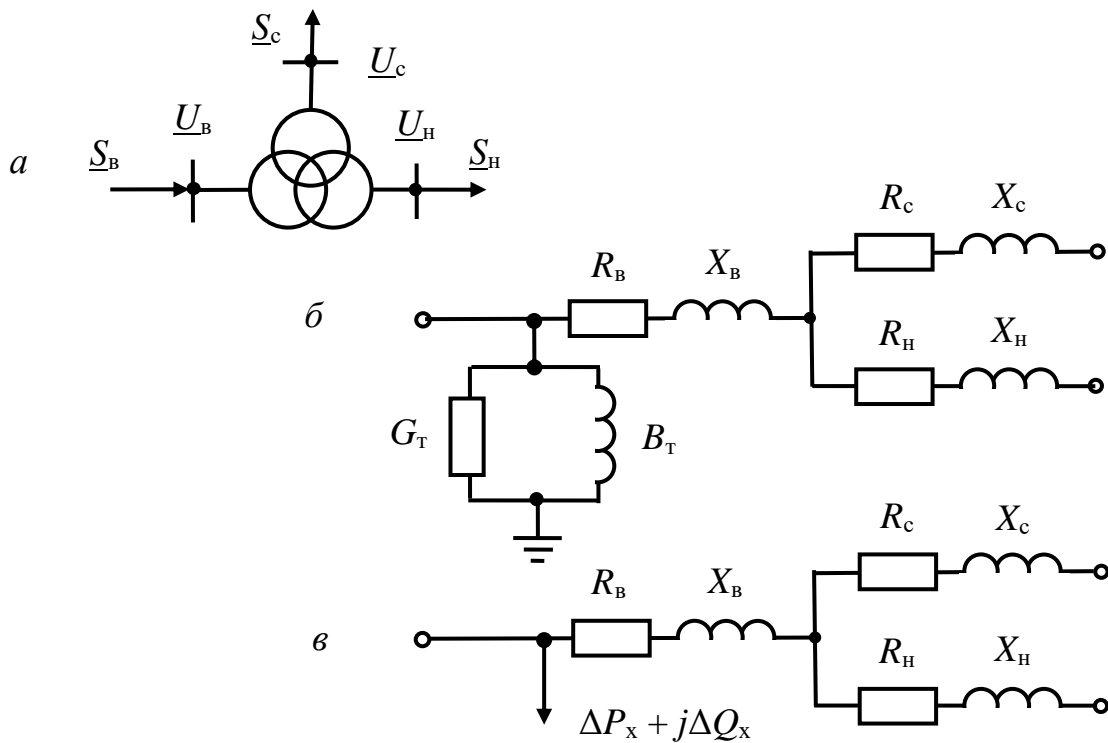


Рисунок 7.8 – Позначення (а) та променеві повна (б) та розрахункова (в) схеми заміщення триобмотувальних трансформаторів

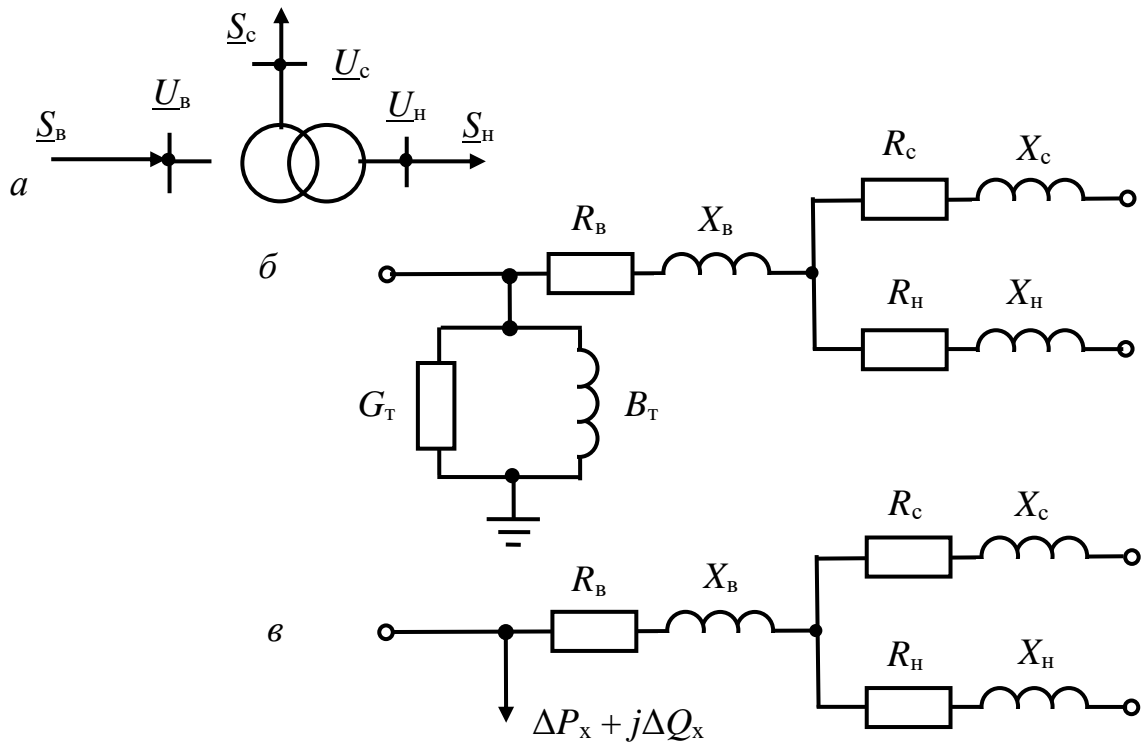


Рисунок 7.9 – Позначення (а) та променеві повна (б) та розрахункова (в) схеми заміщення автотрансформаторів

Примітка. При паралельному з'єднанні дво-, триобмотувальних трансформаторів та автотрансформаторів їх узагальнені параметри у схемах заміщення визначаються за співвідношеннями:

$$\begin{aligned} \underline{Z}_T / n_T &= (R_T + jX_T) / n_T; \quad \underline{Z}_B / n_T = (R_B + jX_B) / n_T; \\ \underline{Z}_{H1} / n_T &= (R_{H1} + jX_{H1}) / n_T; \quad \underline{Z}_{H2} / n_T = (R_{H2} + jX_{H2}) / n_T; \\ \underline{Z}_C / n_T &= (R_C + jX_C) / n_T; \quad \underline{Z}_H / n_T = (R_H + jX_H) / n_T; \\ \underline{Y}_T n_T &= (G_T + jB_T) n_T; \quad \underline{S}_{\text{попер}} n_T = (\Delta P_x + j\Delta Q_x) n_T, \end{aligned}$$

де n_T – кількість паралельно з'єднаних дво-, триобмотувальних трансформаторів та автотрансформаторів.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Правила користування електричною енергією. Укрархбудінформ. – К.: 2001
2. [ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок.](#) Видання офіційне. Міненерговугілля України. — Х.: Форт, 2017. — 760 с.
3. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Від 25.07.2006 Затв. Наказ Мінпалива № 258 (Із змінами та доповнення у відповідності до наказів Міненервугілля України [№ 91 від 13.02.2012](#) [№ 905 від 16.11.2012](#) [№ 273 від 16.05.2013](#))
- 4 Барбашов І.В. Омеляненко Г.В. Навчальний посібник «Загальна характеристика та розрахунок режимів розподільних електричних мереж», Харків, НТУ «ХПІ», 2014 р, 288с.
5. Орлович А.Ю., Плешков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Котиш А.І., Величко Т.В Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання.- М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т.– Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2019. – 272 с.
6. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: підручник. Львів: Вид-но Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2007. 488 с.
7. Лук'яненко Ю.В., Остапчук Ж.І., Кулик В.В. Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні. Навчальний посібник. - Вінниця ВДТУ 2002.- 116 с.
8. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго
9. ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT) Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «РОЗШИФРУВАННЯ ПОЗНАЧЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ І МЕРЕЖ»	5
2. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ПОБУДУВАННЯ ДОБОВИХ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ВУЗЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»	27
3. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ПОБУДУВАННЯ РІЧНИХ ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ВУЗЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»	35
4. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВУЗЛІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»	41
5. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЛА ГОДИН ВИКОРИСТАННЯ НАЙБІЛЬШОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВУЗЛІВ І ЛІ- НІЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»	58
6. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «ВИЗНАЧЕННЯ ПОТОКОРОЗПОДІЛЕННЯ В НОРМАЛЬНОМУ І ПІСЛЯАВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»	73
7. КОНТРОЛЬНА РОБОТА «СКЛАДАННЯ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ РОЗІМКНУТОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ»	83
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	100

Навчальне видання

БАРБАШОВ Ігор Володимирович
ОМЕЛЯНЕНКО Галина Вікторівна
ФЕДОСЕЄНКО Олена Миколаївна

«ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ»,
«РОЗПОДІЛЬЧІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ»
КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ І ЗАВДАННЯ

Навчально-методичний посібник
для студентів напряму підготовки «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» денної і заочної форм навчання,
у тому числі для іноземних студентів

Відповідальний за випуск С. Ю. Шевченка
Роботу до видання рекомендував О. М. Борисенко

Редактор М. П. Єфремова

План 2023, поз. 40

Підп. до друку _____. Формат 60 84 1/16. Папір офсетний.
Riso-друк. Гарнітура Times New Roman. Розум. друк. арк. 4,6.
Тираж 30 прим. Зам. № _____. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ "ХПІ".
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017р.
61002. Харків, вул. Кирпичова, 2
