

MR-578

Р64

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій і систем

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розвиток фрагменту електричної мережі з аналізом конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів»

Виконала: студентка 2 курсу, гр. ЕСМ-22мз  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
освітня програма «Електричні системи  
і мережі»

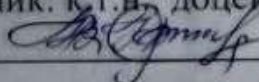
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)



Кубай О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСС



Остра Н. В.

(прізвище та ініціали)

« 10 » червень 2024 р.

Опоненту к.т.н., доц каф. ЕССЕМ



Бойтун Ю. П.

(прізвище та ініціали)

« 10 » червень 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., проф. Комар В. О.

(прізвище та ініціали)

« 07 » червень 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій та систем  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-професійна програма – Електричні системи і мережі

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ЕСС**

д.т.н., професор Комар В. О.

  
18.03 2024 року

## **ЗАВДАННЯ** **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кубай Олені Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи. «Розвиток фрагменту електричної мережі з аналізом конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів»  
керівник роботи к.т.н., доц., доцент каф. ЕСС Остра Н. В.  
затверджена наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року № 81
- Строк подання студентом роботи 05 червня 2024 року
- Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за темою магістерської кваліфікаційної роботи. Посилання на періодичні видання. Вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів: фрагмент електричної мережі 110/35 кВ АТ «Вінницяобленерго», інформація про основне обладнання ліній 110/35 кВ та підстанцій 110/10 кВ, 110/35 кВ, 110/35/10 кВ, вихідні параметри для вузлів існуючої мережі, 3 нових споживачі: 1. Нова 1(901) -  $P = 11,8 \text{ МВт}$ ,  $\cos\varphi = 0,9$ ; 2. Нова 2(902) -  $P = 8,2 \text{ МВт}$ ,  $\cos\varphi = 0,88$ ; 3. СЕС 3(903) -  $P = 12,5 \text{ МВт}$ ,  $\cos\varphi = 1,0$ . Категорія споживачів – 1.
- Зміст текстової частини: Вступ. 1. Техніко-економічне обґрунтування. 2. Електротехнічна частина. 3. Аналіз конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
- Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Схема існуючої електричної мережі з новими споживачами. 2. Максимальний граф схеми ЕМ. 3. Граф оптимальної схеми ЕМ отриманої після розрахунку за симплекс-методом 4. Варіанти розвитку електричної мережі. 5. Оптимальний варіант розвитку електричної мережі згідно методу динамічного програмування. 6. Фрагмент схеми електричних з'єднань оптимального варіанту розвитку мережі. 7. Класифікація повітряних вимикачів. 8. Принципові конструктивні схеми повітряних вимикачів на 110 кВ. 9. Повітряний вимикач серії ВВН- 330-15 з наповненням повітрям віддільником. 10. Основні техніко-економічні показники електричної мережі.



## 6. Консультанти розділів роботи

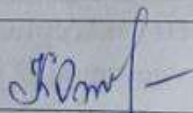
| Розділ                                            | Прізвище, ініціали та посада консультанта                              | Підпис, дата                                                                        |                                                                                     |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   |                                                                        | завдання видав                                                                      | виконав прийняв                                                                     |
| Спеціальна частина                                | Керівник роботи<br>Остра Н. В.,<br>к.т.н., доц., доцент<br>кафедри ЕСС |  |  |
| Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | Кобилянський О. В.<br>д.пед.н., професор,<br>завідувач каф. БЖДПБ      |  |  |
| Економічна частина                                | Остра Н. В.,<br>к.т.н., доц., доцент<br>кафедри ЕСС                    |  |  |

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів<br>магістерської кваліфікаційної роботи                         | Строк виконання<br>етапів роботи |          |                                                                                       |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                              | початок                          | кінець   |                                                                                       |
| 1     | Розроблення технічного завдання                                              | 17.01.24                         | 20.01.24 |   |
| 2     | Техніко-економічне обґрунтування                                             | 21.01.24                         | 01.03.24 |  |
| 3     | Електротехнічна частина                                                      | 02.03.24                         | 22.03.24 |  |
| 4     | Аналіз конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів | 23.03.24                         | 15.04.24 |  |
| 5     | Економічна частина                                                           | 16.04.24                         | 01.05.24 |  |
| 6     | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях                            | 02.05.24                         | 12.05.24 |  |
| 7     | Оформлення пояснювальної записки                                             | 13.05.24                         | 21.05.24 |  |
| 8     | Виконання графічної/ілюстративної частини та оформлення презентації          | 22.05.24                         | 24.05.24 |  |
| 9     | Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР                              | 25.05.24                         | 05.06.24 |  |
| 10    | Рецензування МКР                                                             | 06.06.24                         | 07.06.24 |  |
| 11    | Захист МКР                                                                   | За графіком                      |          |                                                                                       |

Студент

  
(підпис)

О. О. Кубай

Керівник роботи

  
(підпис)

Н. В. Остра

## АНОТАЦІЯ

УДК 621.311.4

Кубай Олена Олександрівна «Розвиток фрагменту електричної мережі з аналізом конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів». Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ. 2024. 110 с.

На українській мові. Бібліогр.: 42 назви; рис.: 22; табл. 30.

В магістерській кваліфікаційній роботі сформовано оптимальну схему розвитку електричних мереж напругою 110/35 кВ з аналізом конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів.

В роботі визначено оптимальну схему розвитку електричної мережі. Оптимальний варіант забезпечує надійне та безперервне постачання споживачів електричною енергією.

В роботі розглянуто та проаналізовано конструктивні особливості та умови застосування повітряних вимикачів.

У розділі охорони праці проведено аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів обслуговуючого персоналу ЕМ, розроблено заходи безпеки життєдіяльності персоналу в надзвичайних ситуаціях.

В економічній частині роботи розглянуто показники та критерії економічної ефективності, а також визначено основні техніко-економічні показники електричної мережі.

*Ключові слова:* електрична мережа, методи оптимізації, оптимальний граф розвитку електричної мережі, повітряні вимикачі, регулювання напруги.

## ANNOTATION

Olena Kubai ""Development of a fragment of an electrical network with an analysis of design features and conditions of use of air switches." Master's qualification work on specialty 141 - Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU. 2024. 110 p.

In Ukrainian language. Bibliography: 42 titles; Fig.: 22; table 30.

In the master's qualification work, an optimal scheme for the development of electrical networks with a voltage of 110/35 kV was formed with an analysis of design features and conditions of use of air switches.

The work defines the optimal scheme for the development of the electrical network. The optimal option ensures a reliable and uninterrupted supply of electrical energy to consumers.

Design features and conditions of use of air switches are considered and analyzed in the work.

In the occupational health and safety section, an analysis of potentially dangerous and harmful production factors of EN service personnel was carried out, measures for the safety of personnel's vital activities in emergency situations were developed.

In the economic part of the work, indicators and criteria of economic efficiency are considered, as well as the main technical and economic indicators of the electric network are determined.

*Key words:* electrical network, optimization methods, optimal development graph of the electrical network, air switches, voltage regulation.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ .....</b>                                                                                                  | <b>5</b>  |
| <b>ВСТУП .....</b>                                                                                                                  | <b>6</b>  |
| <b>1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....</b>                                                                                      | <b>10</b> |
| <b>2 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА .....</b>                                                                                              | <b>12</b> |
| 2.1 Аналіз прогнозування електричних навантажень мережі.....                                                                        | 12        |
| 2.1.1 Аналіз режиму існуючої мережі .....                                                                                           | 14        |
| 2.1.2 Формування максимального графа електричної мережі.....                                                                        | 15        |
| 2.2 Аналіз алгоритму формування оптимальної схеми розвитку<br>електричної мережі .....                                              | 17        |
| 2.2.1 Дослідження алгоритму лінеаризації цільової функції .....                                                                     | 17        |
| 2.2.2 Аналіз оптимізації схеми ЕМ з використанням симплекс-<br>методу .....                                                         | 21        |
| 2.3 Аналіз алгоритму вибору оптимальної схеми розвитку електричної<br>мережі із застосуванням методу динамічного програмування..... | 25        |
| 2.3.1 Порядок визначення оптимальної послідовності спорудження<br>електричної мережі .....                                          | 25        |
| 2.3.2 Аналіз прийняття остаточного варіанту оптимальної<br>послідовності розвитку ЕМ .....                                          | 29        |
| 2.3.3 Аналіз визначення конструктивних параметрів ліній<br>електропередачі .....                                                    | 30        |
| 2.4 Алгоритм визначення та вибору потужностей трансформаторів на<br>споживальних підстанціях .....                                  | 31        |
| 2.5 Порядок вибору схем розподільчих пристроїв підстанцій .....                                                                     | 33        |
| 2.5.1 Аналіз вибору схеми прохідних підстанцій .....                                                                                | 34        |
| 2.5.2 Аналіз вибору схеми відгалуджувальної підстанції.....                                                                         | 35        |
| 2.5.3 Аналіз оцінки надійності схем підстанцій.....                                                                                 | 36        |
| 2.6 Аналіз алгоритму оцінювання балансу потужностей на шинах<br>джерела живлення .....                                              | 39        |

|                                                                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.7 Аналіз алгоритму розрахунку та дослідження усталеного режиму роботи ЕМ.....                                        | 41        |
| 2.8 Дослідження регулювання напруги в ЕМ.....                                                                          | 42        |
| <b>3 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ .....</b>                                                 | <b>47</b> |
| 3.1 Аналіз класифікації та характерних особливостей роботи повітряних вимикачів .....                                  | 47        |
| 3.2 Аналіз конструктивних особливостей будови повітряних вимикачів ..                                                  | 51        |
| 3.3 Дослідження умов застосування повітряних вимикачів із закритими віддільниками .....                                | 54        |
| 3.4 Аналіз умов застосування повітряних вимикачів бакового типу .....                                                  | 61        |
| 3.5 Аналіз умов застосування повітряних вимикачів генераторної напруги .....                                           | 66        |
| 3.6 Аналіз переваг і недоліків застосування повітряних вимикачів .....                                                 | 69        |
| <b>4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>                                                                                       | <b>71</b> |
| <b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>                                                        | <b>89</b> |
| 5.1 Технічні рішення з безпечної організації обслуговування електрообладнання .....                                    | 89        |
| 5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання робіт .....                             | 89        |
| 5.1.2 Електробезпека .....                                                                                             | 92        |
| 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....                                                      | 94        |
| 5.2.1 Мікроклімат .....                                                                                                | 94        |
| 5.2.2 Склад повітря робочої зони .....                                                                                 | 95        |
| 5.2.3 Виробниче освітлення .....                                                                                       | 95        |
| 5.2.4 Виробничий шум .....                                                                                             | 96        |
| 5.3 Дослідження безпеки роботи електричної мережі 110 кВ в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій ..... | 97        |
| 5.3.1 Оцінка безпеки роботи електричної мережі 110 кВ в умовах дії                                                     |           |

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| іонізуючих випромінювань .....                                                                                               | 98  |
| 5.3.2 Оцінка безпеки роботи електричної мережі 110 в умовах дії<br>електромагнітного імпульсу .....                          | 99  |
| 5.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки<br>роботи електричної мережі 110 кВ в умовах надзвичайних ситуацій | 101 |
| <b>ВИСНОВКИ</b> .....                                                                                                        | 103 |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....                                                                                      | 105 |
| <b>ДОДАТКИ</b> .....                                                                                                         | 110 |
| Додаток А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність<br>текстових запозичень .....                              | 111 |
| Додаток Б. Технічне завдання МКР .....                                                                                       | 112 |
| Додаток В. Результати розрахунку режимів роботи ЕМ .....                                                                     | 119 |
| Додаток Г Ілюстративна частина .....                                                                                         | 141 |



## ПОЗНАКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

АПВ – автоматичне повторне ввімкнення

АТ – автотрансформатор

ВН – висока напруга

ВРП – відкритий розподільний пристрій

ВП – вузлова підстанція

ЗРП – закритий розподільний пристрій

ДК – дугогасильна камера

ДП – дугогасильний пристрій

ЕЕС – електроенергетична система

ЕМ – електрична мережа

КЗ – коротке замикання

КРУ – комплектна розподільна установка

КУ – конденсаторна установка

ЛЕП – лінія електропередачі

НН – низька напруга

РП – розподільний пристрій

РПН – регулювання напруги під навантаженням

ТП – трансформаторна підстанція

ОЕС – об'єднана енергетична система

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Електроенергетична система складається з генеруючих станцій, ліній електропередачі, розподільних мереж, трансформаторів та інших пристроїв, що забезпечують передачу електричної енергії. Величезні пошкодження об'єктів енергетики під час війни, використання застарілого обладнання, а також великі втрати під час передачі енергії вимагають модернізації та розвитку електричних мереж [1, 3].

З початку 2022 року в Україні ще більше загострилася проблема дефіциту електропостачання на рівні 30-40%, що призвело до введення надзвичайних заходів, таких як поступові відключення та обмеження споживання електроенергії для промислових підприємств і домогосподарств. Навіть при зусиллях енергетиків забезпечити доступ до електроенергії не менше 10 годин на добу для українських споживачів, плановані відключення не завжди вдавалося виконати через цілеспрямовані атаки на українську енергосистему з боку ворожих військ [4].

Сучасний розвиток електроенергетики вимагає посилення вимог до надійності та тривалості роботи електроенергетичного обладнання, зокрема, високовольтних вимикачів змінної напруги. Високовольтні вимикачі відіграють ключову роль у стабільності енергетичної системи, впливаючи на надійність електропостачання споживачів та безпеку функціонування енергосистеми. Їхнє бездоганне функціонування є критичним для забезпечення стійкості електропостачання та запобігання пошкодження обладнання в разі аварійних ситуацій [2]. Тому вибір високовольтних вимикачів є однією з найбільш важливих та актуальних задач.

Аналіз літературних джерел [2, 13, 14] показав, що повітряні вимикачі (рис. 1) вважаються менш ефективними через їх великі габаритні розміри та високі витрати на обслуговування. У наш час їхнє використання практично припинено, і старі повітряні вимикачі поступово замінюються більш ефективними та надійними моделями вимикачів.

Проте, під час війни і при нинішньому стані енергетики та держави в цілому, ми не маємо змоги масово замінювати енергетичне обладнання, строки експлуатації якого перевищують нормовані. Тому нам треба шукати шляхи, за допомогою яких ми могли би збільшити час їх надійної роботи.



Рисунок 1 – Високовольтний повітряний вимикач

Незважаючи на значний прогрес у розвитку елегазових вимикачів та

вдосконаленні маломасляних і вакуумних вимикачів, область застосування повітряних вимикачів залишається досить великою. Ці умови, ймовірно, сприятимуть навіть розширенню їх застосування в найближчі роки. Більш того, при напругах понад 420 кВ повітряні вимикачі все ще є економічно вигіднішими порівняно з іншими типами вимикачів. Кожен тип повітряного вимикача має певний перелік технічних характеристик, які дають повне уявлення про його параметри, особливості будови, застосування та умови експлуатації [14].

Враховуючі усіх вищезгадані обставини та фактори, стає ще більше зрозуміло, що побудова нових ЛЕП, або повне відновлення та реконструкція пошкоджених існуючих енергетичних об'єктів є дуже **важливими та актуальними науково-прикладними задачами.**

**Мета та задачі дослідження.** Основною метою магістерської кваліфікаційної роботи є проаналізувати існуючі методи оптимізації розвитку електричних мереж та вибрати оптимальну схему розвитку електричної мережі напругою 110 кВ, а також проаналізувати конструктивні особливості будови та умови застосування повітряних вимикачів.

У відповідності із вказаною метою в роботі розв'язуються наступні **основні задачі:**

- дослідження існуючих методів оптимізації розвитку електричних мереж;
- формування оптимального розвитку існуючої мережі 110 кВ;
- аналіз етапів вибору оптимальної схеми розвитку електричної мережі;
- аналіз конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів;
- розрахунок основних техніко-економічних показників розвитку ЕМ;
- аналіз питань забезпечення охорони праці обслуговуючого персоналу електричних мереж;



– дослідження стійкості роботи електричних мереж 110 кВ в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

**Об’єктом дослідження** є електричні мережі 110/35 кВ АТ «Вінницяобленерго».

**Предметом дослідження** є існуючі методи оптимізації розвитку електричних мереж.

**Методи дослідження.** Для вирішення поставлених задач використано 2 методи оптимізації розвитку ЕМ, а саме: симплекс-метод, а також метод динамічного програмування для вибору схеми ЕМ. Для оцінки надійності схем вузлових підстанцій було застосовано метод Тарівердієва. Для виконання розрахунків в даній роботі було застосовано різні програмні комплекси, зокрема програмний комплекс «ВТРАТИ-110».

**Особистий внесок здобувача.** Всі отримані результати роботи, які складають основний зміст магістерської кваліфікаційної роботи, були отримані автором самостійно.

## 1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

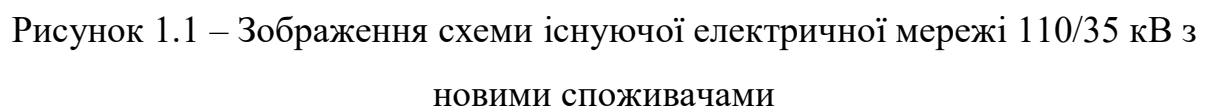
З початку 2022 року в Україні ще більше загострилася проблема дефіциту електропостачання на рівні 30-40%, що призвело до введення надзвичайних заходів, таких як поступові відключення та обмеження споживання електроенергії для промислових підприємств і домогосподарств. Навіть при зусиллях енергетиків забезпечити доступ до електроенергії не менше 10 годин на добу для українських споживачів, плановані відключення не завжди вдавалося виконати через цілеспрямовані атаки на українську енергосистему з боку ворожих військ [4].

Сучасний розвиток електроенергетики вимагає посилення вимог до надійності та тривалості роботи електроенергетичного обладнання, зокрема, високовольтних вимикачів змінної напруги. Високовольтні вимикачі відіграють ключову роль у стабільності енергетичної системи, впливаючи на надійність електропостачання споживачів та безпеку функціонування енергосистеми. Їхнє бездоганне функціонування є критичним для забезпечення стійкості електропостачання та запобігання пошкодження обладнання в разі аварійних ситуацій [2].

У зв'язку зі зміною навантажень споживачів і появою нових, електрична мережа постійно розвивається, модернізується та реконструюється. Відбувається добудова, заміна, реконструкція ліній і підстанцій, встановлюються нові системи керування. Електричну мережу необхідно спроектувати так, щоб забезпечити можливість її подальшого розширення і розвитку.

Однією з важливих задач при проектуванні розвитку енергетичної системи є технічне та техніко-економічне порівняння можливих варіантів розвитку. Під час таких розрахунків потрібно враховувати великий перелік несумісних критеріїв, які загалом визначають ефективність кожного варіанту.

Отже, оскільки з'явилися 3 нових споживачі електричної енергії - Нова 1 (901), Нова 2 (902), СЕС 3 (903), саме тому постала необхідність розвитку



## 2 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз прогнозування електричних навантажень мережі

Відомо, що аналітичний вираз для залежності максимальної потужності від часу з найменшою похибкою можна визначити за допомогою методу найменших квадратів. Цей метод дозволяє замінити таблично-задану функцію  $P_{\max}(T)$  аналітичним виразом  $P'_{\max}(T)$  [12]:

$$P_{\max}(T) \rightarrow P'_{\max}(T) = a' + b' \cdot T, \quad (2.1)$$

де  $a'$ ,  $b'$  – числові коефіцієнти;  $T$  – період (тривалість) прогнозу.

Визначення числових коефіцієнтів  $a'$  та  $b'$  проводиться шляхом мінімізації виразу, який записано відповідно до методу найменших квадратів:

$$\Pi = \sum_{i=1}^n [P_{\max,i} - (a' + b' \cdot T)]^2 \rightarrow \min \quad (2.2)$$

Після диференціювання вхідної функції кінцева система лінійних рівнянь для визначення коефіцієнтів регресійної залежності  $a'$  та  $b'$  набуває наступного вигляду:

$$\begin{cases} n \cdot a' + \sum_{i=1}^n T_i \cdot b' = \sum_{i=1}^n P_i \\ \sum_{i=1}^n T_i \cdot a' + \sum_{i=1}^n T_i^2 \cdot b' = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_i \end{cases} \quad (2.3)$$

Після підстановки в систему (2.3) вхідних даних з таблиці 1 технічного завдання, дана система набуде наступного вигляду:

$$\begin{cases} 10 \cdot a' + 20142 \cdot b' = 939, \\ 20142 \cdot a' + 40582185 \cdot b' = 1891732. \end{cases}$$

звідки  $a' = -503,54$ ,  $b' = 0,297$ , отже регресійна функція матиме вигляд:

$$P'_{\max} = 0,297T - 503,54$$

Використовуючи табличний редактор Excel, було отримано апроксимаційну характеристику та її коефіцієнти (рис 2.1).

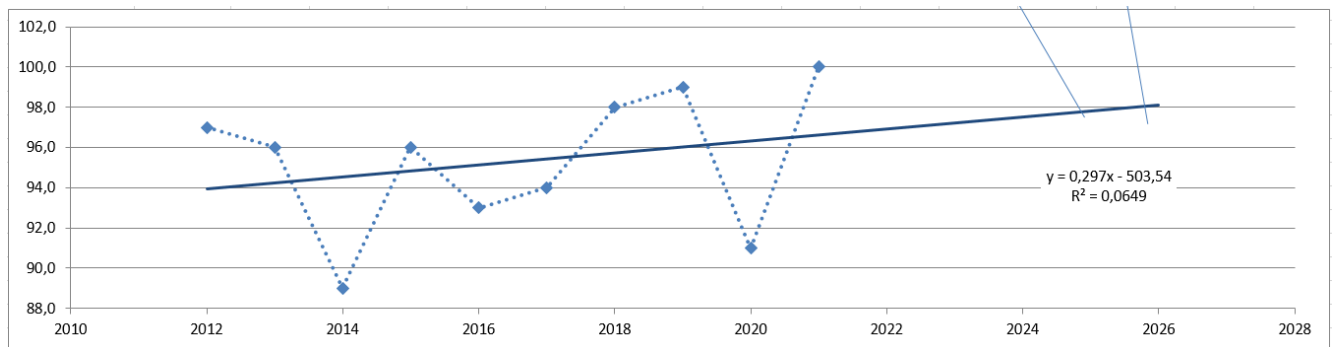


Рисунок 2.1 – Графіки регресійної  $P'_{\max}(T)$  і таблично-заданої  $P_{\max}(T)$  залежностей максимального навантаження від часу  $T$

Аналізуючи отриманий графік, показаний на рисунку 2.1, можна зробити висновок, що сумарне навантаження з урахуванням прогнозу навантаження на 2026-й рік зменшиться на 98,2%, а це на 1,8% менше потужності проєктованих електромереж. Отже, необхідно здійснити заходи для забезпечення надійності та якості електропостачання, тобто перевірити відповідність прогнозованих режимів експлуатації технічним характеристикам основного обладнання.



### 2.1.1 Аналіз режиму існуючої мережі

Результати розрахунку режиму максимальних навантажень існуючої мережі (додаток Б) з урахуванням прогнозу навантаження показали, що напруги у всіх вузлах відповідають обмеженням або можуть бути приведені до них за допомогою наявних регулювальних пристроїв [12].

Перевірка струмових навантажень ліній електропередачі та трансформаторів свідчить, що основне обладнання працює в економічних режимах або близьких до них.

Втрати електроенергії в електричній мережні відносно невеликі, а саме:

- в лініях електропередач – 4,87 МВт;
- в трансформаторах – 0,92 МВт, з них холостого ходу 0,53 МВт та навантажувальні 0,39 МВт.

Була проведена перевірка відповідності струмових навантажень ліній електропередачі та трансформаторів, яка вказує на те, що основне обладнання експлуатується в економічних режимах, або близьких до цих режимів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1– Порівняння значень струмів проводів

|                                   | 1-101  | 102-3  | 10-11  | 201-202 |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| Марка проводу                     | АС-150 | АС-150 | АС-150 | АС-95   |
| Значення допустимого струму, А    | 150    | 150    | 150    | 95      |
| Значення розрахункового струму, А | 154    | 115    | 167    | 91      |

У районі, де планується розвиток електричних мереж, лінії електропередачі існуючої мережі мають достатній запас пропускної здатності для перенесення електроенергії новим споживачам, а також забезпечують відповідні рівні напруг у вузлах (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Значення напруг потенційних вузлів приєднання

| Вузли             | 10     | 9      | 8      | 7      |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Напруга вузла, кВ | 105,54 | 104,05 | 101,64 | 101,25 |

Аналіз результатів розрахунку режиму максимальних навантажень показує, що значення струмового навантаження ЛЕП 110 кВ (табл. 2.1) значно менше значення тривалого допустимого струму. Це означає, що можна транспортувати додаткову електроенергію до нових споживачів без необхідності внесення конструктивних змін у існуючі мережі.

Враховуючи розрахункові рівні напруги на шинах підстанції у зоні нового будівництва (табл. 2.2), всі вони забезпечують можливість приєднання додаткового навантаження по стороні ВН. Таким чином, ідентифікація потенційних вузлів для приєднання нових ЛЕП може бути проведена з економічних поглядів, зокрема, використовуючи симплекс-метод.

### 2.1.2 Формування максимального графа електричної мережі

Рівні напруг в потенційних вузлах приєднання знаходиться в оптимальних межах.

У районі, де планується розвиток електричних мереж лінії електропередачі існуючої мережі мають достатній запас по пропускній здатності для транспортування електроенергії новим споживачам.

Тому як результат опираючись на розрахункові дані, попередньо вибираємо потенційні вузли, до яких можна реалізувати приєднання нових підстанцій. Такими підстанціями згідно варіанту є: вузол № 8 - Чечельник з рівнем напруги 101,64 кВ; вузол № 10 - Сумівка з рівнем напруги 105,54 кВ; вузол № 9 - Бершадь з рівнем напруги 104,05 кВ, вузол № 7 – Луги з рівнем напруги 101,25 кВ.

Оцінивши місце розташування нових ПС та наближеність їх до дійсної мережі було сформовано максимальний граф рис. 2.2, на якому зображено усі можливі варіанти приєднання нових ПС.

Рисунок 2.2 – Сформований максимальний граф схеми електричної мережі

## 2.2 Аналіз алгоритму формування оптимальної схеми розвитку електричної мережі

Для задач розвитку електричних мереж потрібно забезпечити пошук найкращого варіанту проекту з точки зору капіталовкладень та експлуатаційних видатків. Разом з тим мають виконуватись різні технічні вимоги до електропостачання споживачів. Таким чином, техніко-економічне обґрунтування проекту передбачає не тільки вибір конфігурації та напруги напруги мереж, але й параметрів усіх їх елементів так, щоб забезпечити необхідну якість електроенергії, запас стійкості та координацію процесу керування.

Одночасне вирішення цих питань у вигляді однієї математичної моделі неможливе. Тому процес проектування розбивається на етапи. Оптимальні рішення на кожному етапі приймаються з використанням комплексу математичних моделей. Для пошуку оптимальних схем за економічними показниками добре зарекомендували себе методи лінійного програмування, зокрема симплекс-метод. Однак його використання накладає певні обмеження на постановку задачі, зокрема, форму представлення цільової функції та обмежень.

### 2.2.1 Дослідження алгоритму лінеаризації цільової функції

Для створення математичної моделі необхідно обрати критерій оптимальності. В даному випадку найбільш відповідно вірним критерієм будуть дисконтовані витрати на розвиток електричної мережі  $B_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n B_i$ , а в якості оптимізованих змінних варто прийняти значення потужностей  $P_i$ , що перетікають через лінії [8, 12].

В загальному випадку залежності  $B_i = f(P_i)$  є нелінійними функціями. Тому цільова функція, яка відображає процес розвитку електричної мережі, може бути представлена у вигляді нелінійної функції разом з лінійними та

нелінійними обмеженнями на змінні  $P_i$ . Для використання симплекс-методу цільову функцію можна лінеаризувати відносно обраних змінних.

В загальному випадку дисконтовані витрати  $V_i$  для кожної  $i$ -тої ЛЕП можна записати так:

$$V_i = (a_i + b_i \cdot P_i^2) \cdot l_i, \quad (2.4)$$

де  $a_i = K_{0i} \cdot (E + \alpha)$ ;  $K_{0i}$  – значення питомих капіталовкладень на спорудження 1 км ЛЕП, за попередньо заданим перерізом проводу на  $i$ -тій ділянці ЛЕП;  $E$  – значення коефіцієнта дисконту ( $E=0,2$ );  $\alpha$  – значення коефіцієнта нормативних відрахувань;  $b_i$  – величини питомих витрат, які враховують втрати електроенергії та є залежними від  $P_i^2$ ;  $l_i$  – довжина  $i$ -ї ЛЕП в км;  $P_i$  – значення потужностей  $i$ -ї ЛЕП.

Завершивши лінеаризацію функції витрат, ми отримаємо такий вигляд функції:

$$V_i = (a_i' + b_i' \cdot P_i) \cdot l_i, \quad (2.5)$$

в якій  $a_i'$  – значення сталого коефіцієнта лінійної функції (яке отримується в процесі лінеаризації);  $b_i'$  – величини питомих затрат, які залежать від потоку потужності  $P_i$  в ЛЕП.

З метою лінеаризації функції було використано метод найменших квадратів. Для застосування цього методу необхідно отримати  $n$  значень вихідної функції для різних значень потужностей  $P_i$ , на основі яких формується система рівнянь, аналогічна до (2.3). Розв'язання даної системи дозволяє визначити коефіцієнти цільової функції в лінійному вигляді.

Відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [10], на ділянках ЛЕП було обрано провід марки АС-240. Відповідно до нормативного документу СОУ-Н МЕН 45.2-37471933-44.2016, значення питомих капіталовкладень становитимуть 1573,68 тис. грн/км. Значення коефіцієнта  $b_i$  визначаємо використовуючи формулу (2.6):

$$b_i = \frac{r_{0i} \tau C_0}{U_n^2 (\cos \varphi)^2}, \quad (2.6)$$

де  $U_n$  – значення номінальної напруги (ЛЕП напругою 110 кВ);  $\cos \varphi$  – значення коефіцієнта потужності (в роботі прийнято 0,9);  $\tau$  – час максимальних втрат (3633 год/рік для  $T_{нб} = 5600$  год/рік);  $C_0$  – вартість 1 кВт·год втраченої електроенергії прийнято 2,65 грн/кВт·год;  $r_{0i}$  – значення активного опору, яке залежить від перерізу проводу (проводу АС-240 значення  $r_{0i} = 0,131$  Ом/км). Результати усіх розрахунків коефіцієнтів показано в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Значення вартісних коефіцієнтів для квадратичної цільової функції дисконтованих витрат виду  $V_d = a + b \cdot P^2$

| Номер вузла початку | Номер вузла кінця | Значення довжини на карті, (см) | Значення довжини, (км) | Значення напруги $U_{ном}$ , кВ | Значення питомих капіталовкладень, тис. грн/км | Значення питомого опору, Ом/км | Коефіцієнт, а, тис. грн. | Значення коефіцієнта, b, тис. грн/МВт | Дисконтовані витрати для ЛЕП за умови максимального значення потужності 10 МВт, тис. грн |
|---------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9                   | 901               | 2,8                             | 14                     | 110                             | 1573,680                                       | 0,131                          | 7050,1                   | 2,032                                 | 7253,3                                                                                   |
| 10                  | 901               | 2                               | 10                     | 110                             | 1573,680                                       | 0,131                          | 5035,8                   | 1,452                                 | 5180,9                                                                                   |
| 7                   | 903               | 3                               | 15                     | 110                             | 1573,680                                       | 0,131                          | 7553,7                   | 2,177                                 | 7771,4                                                                                   |
| 8                   | 903               | 2,2                             | 11                     | 110                             | 1573,680                                       | 0,131                          | 5539,4                   | 1,597                                 | 5699,0                                                                                   |
| 901                 | 902               | 2,2                             | 11                     | 110                             | 1573,680                                       | 0,131                          | 5539,4                   | 1,597                                 | 5699,0                                                                                   |
| 902                 | 903               | 1,2                             | 6                      | 110                             | 1573,680                                       | 0,131                          | 3021,5                   | 0,871                                 | 3108,6                                                                                   |

Виконавши лінеаризацію, видно що значення вартісних коефіцієнтів  $a_i$  залишились незмінними, оскільки вони не залежать від потоку потужності, проте значення коефіцієнтів  $b_i$  зросли (табл. 2.4).

Задля підтвердження адекватності перетворення було пораховано витрати за вихідною (2.3) та лінеаризованою (2.4) функціями (табл. 2.4). Отримані результати розрахунків показали високу адекватність перетворення.

Таблиця 2.4 – Значення вартісних коефіцієнтів для лінеаризованої цільової функції дисконтованих витрат типу  $V_d = a' + b' \cdot P$

| Позначення ділянки ЛЕП | Значення довжини км | Орієнтоване значення потужності, Р, що передається по ЛЕП, МВт | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (квадр. функція), тис. грн | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (пот. 0.8Р), тис. грн | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (пот. 1.2Р), тис. грн | Значення коефіцієнта, а1, тис. грн | Значення коефіцієнта, b1, тис. грн/МВт | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (лінійна функція), тис. грн | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (пот. 0.8Р), тис. грн | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (пот. 1.2Р), тис. грн |
|------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 9-901                  | 2,8                 | 10,0                                                           | 7253,3                                                           | 7180,2                                                      | 7342,7                                                      | 7050,1                             | 20,323                                 | 7253,3                                                            | 7212,7                                                      | 7294,0                                                      |
| 10-901                 | 2                   | 10,0                                                           | 5180,9                                                           | 5128,7                                                      | 5244,8                                                      | 5035,8                             | 14,517                                 | 5180,9                                                            | 5151,9                                                      | 5210,0                                                      |
| 7-903                  | 3                   | 10,0                                                           | 7771,4                                                           | 7693,0                                                      | 7867,2                                                      | 7553,7                             | 21,775                                 | 7771,4                                                            | 7727,9                                                      | 7815,0                                                      |
| 8-903                  | 2,2                 | 10,0                                                           | 5699,0                                                           | 5641,6                                                      | 5769,3                                                      | 5539,4                             | 15,968                                 | 5699,0                                                            | 5667,1                                                      | 5731,0                                                      |
| 901-902                | 2,2                 | 10,0                                                           | 5699,0                                                           | 5641,6                                                      | 5769,3                                                      | 5539,4                             | 15,968                                 | 5699,0                                                            | 5667,1                                                      | 5731,0                                                      |
| 902-903                | 1,2                 | 10,0                                                           | 3108,6                                                           | 3077,2                                                      | 3146,9                                                      | 3021,5                             | 8,710                                  | 3108,6                                                            | 3091,1                                                      | 3126,0                                                      |

Для врахування значень питомих капіталовкладень на спорудження ліній під час вирішення задачі оптимізації, залежність дисконтованих витрат була представлена у вигляді лінійної функції без постійного коефіцієнта. Результати наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Вартісні коефіцієнти для лінеаризованої цільової функції дисконтованих витрат типу  $V_d = c \cdot P$

| Позначення ділянки ЛЕП | Значення довжини км | Орієнтоване значення потужності, Р, що передається по ЛЕП, МВт | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (квадр. функція), тис. грн | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (0.9Р), тис. грн | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (1.1Р), тис. грн | Значення коефіцієнта, с, тис. грн/МВт | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (лінійна функція), тис. грн | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (0.9Р), тис. грн | Значення дисконтованих витрат для ЛЕП (1.1Р), тис. грн |
|------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 9-901                  | 2,8                 | 10,0                                                           | 7253,3                                                           | 7214,7                                                 | 7296,0                                                 | 725,3                                 | 7253,3                                                            | 6528,0                                                 | 7978,7                                                 |
| 10-901                 | 2                   | 10,0                                                           | 5180,9                                                           | 5153,4                                                 | 5211,4                                                 | 518,1                                 | 5180,9                                                            | 4662,8                                                 | 5699,0                                                 |
| 7-903                  | 3                   | 10,0                                                           | 7771,4                                                           | 7730,0                                                 | 7817,1                                                 | 777,1                                 | 7771,4                                                            | 6994,3                                                 | 8548,6                                                 |
| 8-903                  | 2,2                 | 10,0                                                           | 5699,0                                                           | 5668,7                                                 | 5732,6                                                 | 569,9                                 | 5699,0                                                            | 5129,1                                                 | 6268,9                                                 |
| 901-902                | 2,2                 | 10,0                                                           | 5699,0                                                           | 5668,7                                                 | 5732,6                                                 | 569,9                                 | 5699,0                                                            | 5129,1                                                 | 6268,9                                                 |
| 902-903                | 1,2                 | 10,0                                                           | 3108,6                                                           | 3092,0                                                 | 3126,9                                                 | 310,9                                 | 3108,6                                                            | 2797,7                                                 | 3419,4                                                 |



### 2.2.2 Аналіз оптимізації схеми ЕМ з використанням симплекс-методу

Для того, щоб розв'язувати задачі лінійного програмування можна використовувати симплекс-метод, який також відомий як метод поступового покращення плану [13]. Тоді задача оптимізації сформулюється таким чином:

необхідно мінімізувати

$$y(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n + b_{n+1}; \quad (2.7)$$

за таких обмежень:

$$\begin{aligned} & \mathbf{a}_{11}\mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{12}\mathbf{x}_2 + \mathbf{a}_{13}\mathbf{x}_3 + \dots + \mathbf{a}_{1n}\mathbf{x}_n = \mathbf{b}_1; \\ & \mathbf{a}_{21}\mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{22}\mathbf{x}_2 + \mathbf{a}_{23}\mathbf{x}_3 + \dots + \mathbf{a}_{2n}\mathbf{x}_n = \mathbf{b}_2; \\ & \dots\dots\dots \\ & \mathbf{a}_{m1}\mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{m2}\mathbf{x}_2 + \mathbf{a}_{m3}\mathbf{x}_3 + \dots + \mathbf{a}_{mn}\mathbf{x}_n = \mathbf{b}_m. \end{aligned} \tag{2.8}$$

Використовуючи, симплекс-метод задача лінійного програмування (2.7) за умов (2.8) розв’язується в такі два етапи:

- перший етап симплекс-метод (СМ) полягає в приведенні системи обмежувальних рівнянь і цільової функції до канонічного вигляду;
- другий етап СМ полягає в оптимізації цільової функції, отриманої в результаті розв’язування першого етапу, на основі використання симплекс-алгоритму (СА).

Використання симплекс-методу для розв'язання задачі вибору оптимальної схеми електричної мережі має ряд особливостей:

1. Оптимізованими змінними  $x_i$  є потужності в лініях електричної мережі.
2. Вільними членами у системі рівнянь (2.8) є потужності навантажень, які завжди більше нуля.
3. Коефіцієнти  $a_{ij}$  системи рівнянь (2.8) для електричної мережі є коефіцієнтами першої матриці сполучень.

4. Коефіцієнти  $c_i$  функції (2.7) для задачі оптимізації схеми електричної мережі є питомими витратами на транспортування потужності лініями (табл. 2.7).

5. Оскільки створення моделі здійснювалось з урахуванням заданих напрямків потужності в схемі максимального графу, тому частина змінних може приймати від'ємні значення. Це протиріччя усувається введенням додаткових змінних.

Вихідні дані для розв'язання задачі оптимізації схеми розподільчої електричної мережі за допомогою СМ (початкова симплекс-таблиця) представлена на рисунку 2.3.

| Номери вузлів                  | Перелік ЛЕП |          |        |       |          |         |         |         |       |       |       |       |       |       | Потужності вузлів | Небаланси по вузлах |
|--------------------------------|-------------|----------|--------|-------|----------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|---------------------|
|                                | 9-901       | 10-901   | 7-903  | 8-903 | 901-902  | 902-901 | 902-903 | 903-902 | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   |                   |                     |
| 901                            | 1           | 1        | 0      | 0     | -1       | 1       | 0       | 0       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 11,59             | -19,34              |
| 902                            | 0           | 0        | 0      | 0     | 1        | -1      | -1      | 1       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 8,05              | -0,60               |
| 903                            | 0           | 0        | 1      | 1     | 0        | 0       | 1       | -1      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 12,27             | 12,27               |
| 0                              | 0           | 0        | 0      | 0     | 0        | 0       | 0       | 0       | -1    | -1    | -1    | -1    | -1    | -1    | 0,00              | 0,00                |
| Коефіцієнти цільової функції   | 320,8       | 400,9    | 1168,3 | 856,7 | 653,9    | 856,7   | 467,3   | 467,3   | 777,2 | 414,9 | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |                   | 19412,344           |
| Потужності ЛЕП                 | 26,38535    | 13,19268 | 0      | 0     | 8,654395 | 0       | 0       | 0       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |                   |                     |
| Постійні складові витрат       | 7050,087    | 5035,776 | 0,000  | 0,000 | 5539,354 | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |                   | 17625,218           |
| Змінні складові витрат         | 1414,871    | 252,656  | 0,000  | 0,000 | 119,599  | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |                   | 1787,126            |
| Дисконтовані витрати, тис. грн |             |          |        |       |          |         |         |         |       |       |       |       |       |       |                   | 19412,344           |

Рисунок 2.3 – Перелік вихідних даних для розв'язку задачі оптимізації схеми розподільчої електричної мережі за допомогою СМ (початкова симплекс-таблиця)

Отже, скориставшись у МО Excel модулем «Пошук рішень», симплекс-таблиця для даної задачі після виконаних розрахунків матиме такий розв'язок, який показано на рисунку 2.4.

| Номери вузлів                  | Перелік ЛЕП |        |        |          |          |         |         |         |       |       |       |       |       |       | Потужності вузлів | Небаланси по вузлах |
|--------------------------------|-------------|--------|--------|----------|----------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|---------------------|
|                                | 9-901       | 10-901 | 7-903  | 8-903    | 901-902  | 902-901 | 902-903 | 903-902 | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   |                   |                     |
| 901                            | 1           | 1      | 0      | 0        | -1       | 1       | 0       | 0       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 11,59             | 0,00                |
| 902                            | 0           | 0      | 0      | 0        | 1        | -1      | -1      | 1       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 8,05              | 0,00                |
| 903                            | 0           | 0      | 1      | 1        | 0        | 0       | 1       | -1      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 12,27             | 0,00                |
| 0                              | 0           | 0      | 0      | 0        | 0        | 0       | 0       | 0       | -1    | -1    | -1    | -1    | -1    | -1    | 0,00              | 0,00                |
| Коефіцієнти цільової функції   | 320,8       | 400,9  | 1168,3 | 856,7    | 653,9    | 856,7   | 467,3   | 467,3   | 777,2 | 414,9 | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |                   | 22078,675           |
| Потужності ЛЕП                 | 19,6364     | 0      | 0      | 12,27275 | 8,050924 | 0       | 0       | 0       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |                   |                     |
| Постійні складові витрат       | 7050,087    | 0,000  | 0,000  | 5539,354 | 5539,354 | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |                   | 18128,795           |
| Змінні складові витрат         | 783,637     | 0,000  | 0,000  | 240,514  | 103,502  | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |                   | 1127,652            |
| Дисконтовані витрати, тис. грн |             |        |        |          |          |         |         |         |       |       |       |       |       |       |                   | 19256,447           |

Рисунок 2.4 – Отримані результати пошуку розв'язку із застосуванням Excel (перша ітерація)

У таблиці на рис. 2.5 наведено схему ЕМ, для якої забезпечується найменше значення витрат.

Графічне представлення отриманих результатів показано на рисунку 2.6.

| Номери вузлів                  | Перелік ЛЕП |        |        |          |         |         |         |          |       |       |       |       |       |       | Потужності вузлів | Небаланси по вузлах |
|--------------------------------|-------------|--------|--------|----------|---------|---------|---------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|---------------------|
|                                | 9-901       | 10-901 | 7-903  | 8-903    | 901-902 | 902-901 | 902-903 | 903-902  | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   | 0-0   |                   |                     |
| 901                            | 1           | 1      | 0      | 0        | -1      | 1       | 0       | 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 11,59             | 0,00                |
| 902                            | 0           | 0      | 0      | 0        | 1       | -1      | -1      | 1        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 8,05              | 0,00                |
| 903                            | 0           | 0      | 1      | 1        | 0       | 0       | 1       | -1       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 12,27             | 0,00                |
| 0                              | 0           | 0      | 0      | 0        | 0       | 0       | 0       | 0        | -1    | -1    | -1    | -1    | -1    | -1    | 0,00              | 0,00                |
| Коефіцієнти цільової функції   | 398,9       | 778,9  | 1168,3 | 471,0    | 700,9   | 856,7   | 467,3   | 467,3    | 777,2 | 414,9 | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |                   | 17955,660           |
| Потужності ЛЕП                 | 11,58548    | 0      | 0      | 20,32367 | 0       | 0       | 0       | 8,05092  | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |                   |                     |
| Постійні складові витрат       | 7050,087    | 0,000  | 0,000  | 5539,354 | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 3021,466 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |                   | 15610,907           |
| Змінні складові витрат         | 272,784     | 0,000  | 0,000  | 659,569  | 0,000   | 0,000   | 0,000   | 56,455   | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |                   | 988,808             |
| Дисконтовані витрати, тис. грн |             |        |        |          |         |         |         |          |       |       |       |       |       |       |                   | 16599,715           |

Рисунок 2.5 – Отримані результати пошуку рішення за допомогою Excel (друга ітерація)

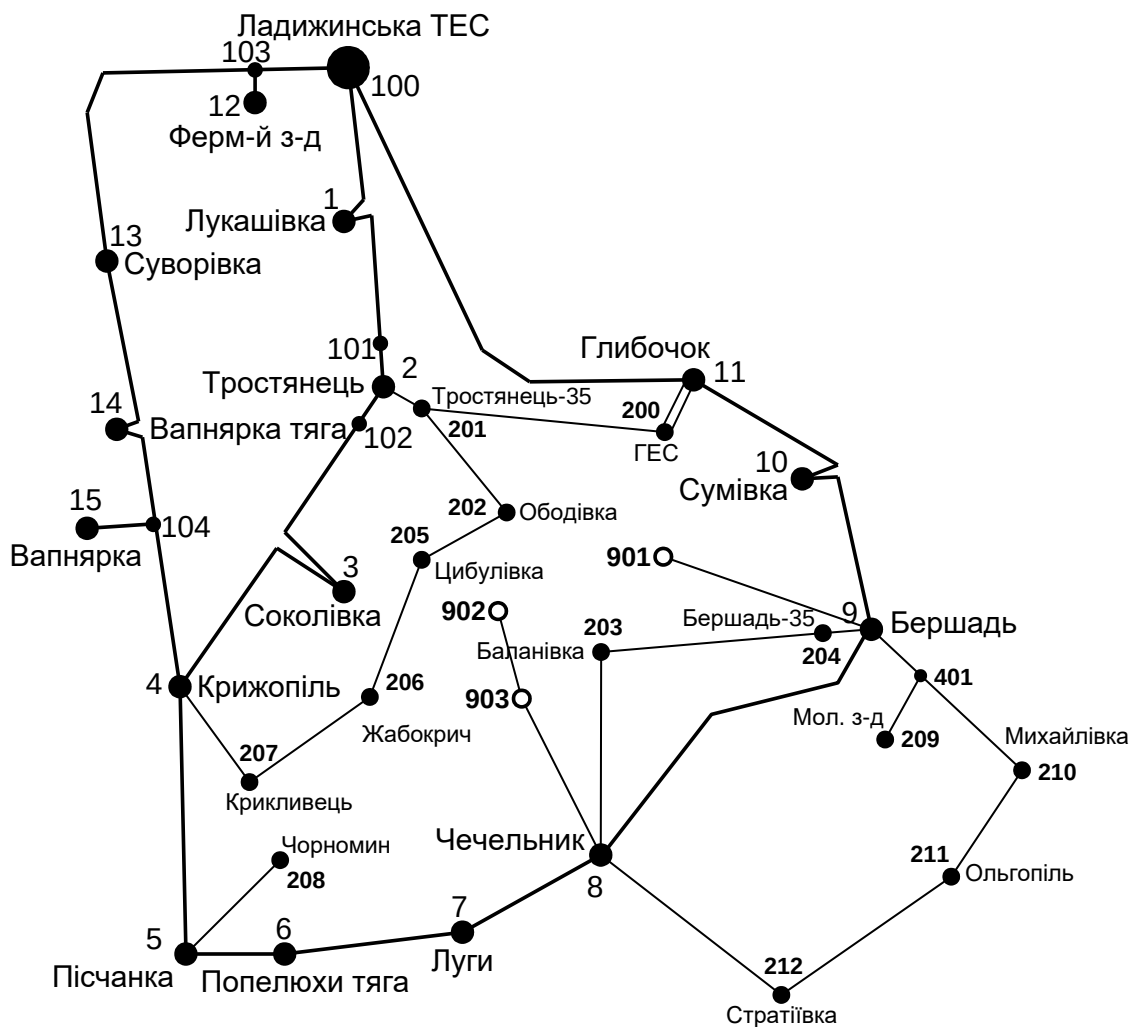
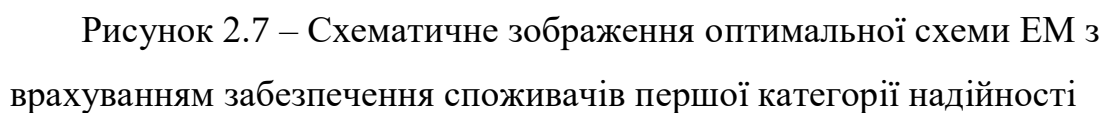


Рисунок 2.6 – Зображення графу оптимальної схеми електричної мережі з врахуванням результатів розрахунку за допомогою СМ



Отримана конфігурація електричної мережі дозволить забезпечити електроенергією всіх споживачів відповідно до їх категорій надійності. Для забезпечення належного рівня надійності електропостачання споживачів першої категорії в даному випадку, пропонується прокладання додаткової ЛЕП 901-902 довжиною 11 км. Таке рішення забезпечить надійну роботу існуючої мережі 110 кВ, а також розвантажить наявні ЛЕП.

### **2.3 Аналіз алгоритму вибору оптимальної схеми розвитку електричної мережі із застосуванням методу динамічного програмування**

Для розв'язання завдань оптимізації в енергетиці, пов'язаних зі створенням планів перспективного розвитку енергетичних мереж, які вимагають урахування фактору часу, поряд з методами лінійної та нелінійної оптимізації використовується метод динамічного програмування. Динамічне програмування відноситься до методів нелінійного програмування. Цей метод дозволяє оптимізувати багатокроковий процес для функції багатьох змінних. При застосуванні динамічного програмування процес розбивається на низку послідовних етапів, на кожному з яких оптимізується функція однієї змінної. [13].

#### **2.3.1 Порядок визначення оптимальної послідовності спорудження електричної мережі**

Для забезпечення електропостачання нових споживачів, які будуть введені протягом двох років, необхідно розробити схему розвитку електричних мереж для вузлів 901, 902, 903.

Запишемо цільову функцію [12]:

$$B_{\Sigma} = \sum_{t=1}^T B_t \cdot (1 + E_{\text{н.п}})^{(T-t)}, \quad (2.9)$$

де  $B_t$  – витрати на  $t$  період спорудження об'єкту;  $E_{н.п}$  – нормативний коефіцієнт приведення різночасових витрати до 1 року ( $E_{н.п} = 0,16 \div 0,20$ );  $T$  – тривалість будівництва (в роках).

Значення  $B_t$  для кожного року визначаються за формулою:

$$B_t = K \cdot K_d + E . \quad (2.10)$$

Для розв'язання задач (2.10) можна застосувати методи нелінійного програмування, одним з яких є метод динамічного програмування.

Метод динамічного програмування включає два етапи: прямий та зворотний хід. На першому етапі, рухаючись від першого року до останнього, визначають умовно оптимальну схему електричної мережі. Кожен крок вибирають так, щоб сумарні витрати на  $i$ -му та  $(i+1)$  році були мінімальними:

$$(B_i + B_{i+1}) \rightarrow \min \quad (2.11)$$

Проте, оскільки на попередніх роках невідомо, якими будуть варіанти наступного року, отриманий розв'язок є наближеним і потребує уточнення. На другому етапі, рухаючись від останнього року до першого, параметри електричної мережі та траєкторію її оптимального будівництва уточнюються за критерієм (2.11). У постановці задачі динамічного програмування використовується цільова функція (2.9), при цьому функція витрат може бути як лінійною, так і нелінійною.

Отже, витрати на першому році обчислюються на основі всіх можливих варіантів реалізації. Отриманий варіант на цьому етапі має оптимальні дисконтовані витрати. Однак, оскільки на попередніх роках не відомо, якими будуть варіанти наступного року, отриманий розв'язок є наближеним і потребує уточнення.

На другому етапі рухаючись від останнього року до першого, параметри електричної мережі та траєкторію її оптимального будівництва уточнюються за критерієм (2.11).

У постановці задачі динамічного програмування використовується цільова функція (2.9), при цьому функція витрат може бути як лінійною, так і нелінійною.

Обмеження:

- 1) Баланс потужностей:  $\sum_{i \in M_j} P_{li} = P_{Hj}$  ;
- 2) Стосовно ресурсів:  $l_{\Sigma t} = l_{\max}$  ;
- 3) Обмеження на параметри:  $P_{li} \leq P_{\max}$  ;

Таким чином, для оптимізації електричної мережі згідно до завдання:

$$B_t = \sum_{i=1}^{nt} B_i = \sum_{i=1}^{nt} (a_i \cdot P_i^2 + b_i) \cdot l_i \quad (2.12)$$

Коефіцієнти  $a_i$  та  $b_i$  беруться з Excel. Враховуються обмеження на максимальну довжину ЛЕП, що будується протягом року:  $L_{\max} \leq 20$  км а також обмеження балансу потужностей.

Перший крок. За три роки потрібно забезпечити енергопостачання пунктів 901, 902, 903. Оскільки за один рік немає змоги вводити більше ніж 25 км ліній, очевидно, що під час першого року розвитку можливо виконати будівництво ліній тільки для одного чи двох споживачів, а під час другого року – до інших двох, а на третьому році завершити будівництво.

*Варіант №1.*

*1-ий рік* – будуємо одноланцюгові лінії до пунктів 9-901, 901-902. Таким чином, сумарне збільшення довжини ліній електричної мережі складає:

$$\Delta L_{\Sigma} = \Delta L_{9-901} + \Delta L_{901-902} = 14 + 11 = 25 \text{ (км)},$$

що не перевищує обмежень по введенню ліній.

За формулою (2.12) розраховуються  $B_t$ , для кожної лінії будівництва першого року. Розрахунки для решти варіантів розвитку схеми ЕС на протязі першого року виконуються аналогічно. Результати розрахунків подано в табл. 2.6.

*Другий крок.* Для другого року, варіанти електропостачання формуються з врахуванням розвитку на першому кроці. І так само для кожного варіанту другого року враховується обмеження по введеній довжині лінії.

Для варіанту 1 на другому році розвитку будуємо одноланцюгові лінії 902-903, 903-8. Результати розрахунків подано в таблиці 2.7.

Таблиця 2.6 – Аналіз можливих варіантів розвитку схеми електричної мережі для 1-го року

| t | Варіант<br>схеми | ЛЕП     | L  | P    | L <sub>сум</sub> | B <sub>i</sub> | B <sub>i,сум</sub> | B <sub>t</sub> | Вартість |
|---|------------------|---------|----|------|------------------|----------------|--------------------|----------------|----------|
| 1 | 1                | 9-901   | 14 | 11,6 | 25               | 24844,55       | 44273,87           | 36894,89       | 36894,89 |
|   |                  | 901-902 | 11 | 6,5  |                  | 19429,33       |                    |                |          |
|   | 2                | 9-901   | 14 | 11,6 | 25               | 24844,55       | 44640,01           | 37200,01       | 37200,01 |
|   |                  | 903-8   | 11 | 20,3 |                  | 19795,47       |                    |                |          |
|   | 3                | 902-903 | 6  | 8,1  | 17               | 10610,43       | 30405,9            | 25338,25       | 25338,25 |
|   |                  | 903-8   | 11 | 20,3 |                  | 19795,47       |                    |                |          |

Таблиця 2.7 - Аналіз можливих варіантів розвитку схеми електричної мережі для 2-го року

|   |    |         |    |      |    |          |          |          |          |
|---|----|---------|----|------|----|----------|----------|----------|----------|
| 2 | 11 | 902-903 | 6  | 8,1  | 17 | 10610,43 | 30405,9  | 21115,21 | 58010,1  |
|   |    | 903-8   | 11 | 20,3 |    | 19795,47 |          |          |          |
|   | 21 | 901-902 | 11 | 6,5  | 17 | 19429,33 | 30039,76 | 20860,94 | 56083,99 |
|   |    | 902-903 | 6  | 8,1  |    | 10610,43 |          |          |          |
|   | 31 | 9-901   | 14 | 11,6 | 25 | 24844,55 | 44273,87 | 30745,75 | 58060,95 |
|   |    | 901-902 | 11 | 6,5  |    | 19429,33 |          |          |          |



### 2.3.2 Аналіз прийняття остаточного варіанту оптимальної послідовності розвитку ЕМ

По  $V_{\Sigma}$  з табл. 2.7 було обрано варіант розвитку з найменшими сумарними дисконтованими витратами. Після завершення розрахунків вартості будівництва мережі було визначено умовно оптимальний варіант 21. Після уточнення поточкорозподілу та вартості будівництва ЛЕП по роках значення критерію оптимальності змінилося.

Для варіанту 21 приєднання підстанцій 901, 902, 903 призводить до зміни перетоків потужності, у ЛЕП, що споруджені на першому та другому році. Отож необхідно уточнити витрати по всіх оптимальних варіантах, що показано в таблиці 2.8.

Приведена схема задовольняє вимогам надійності для споживачів, а потужності що в ній перетікають відповідають економічній експлуатації ЛЕП.

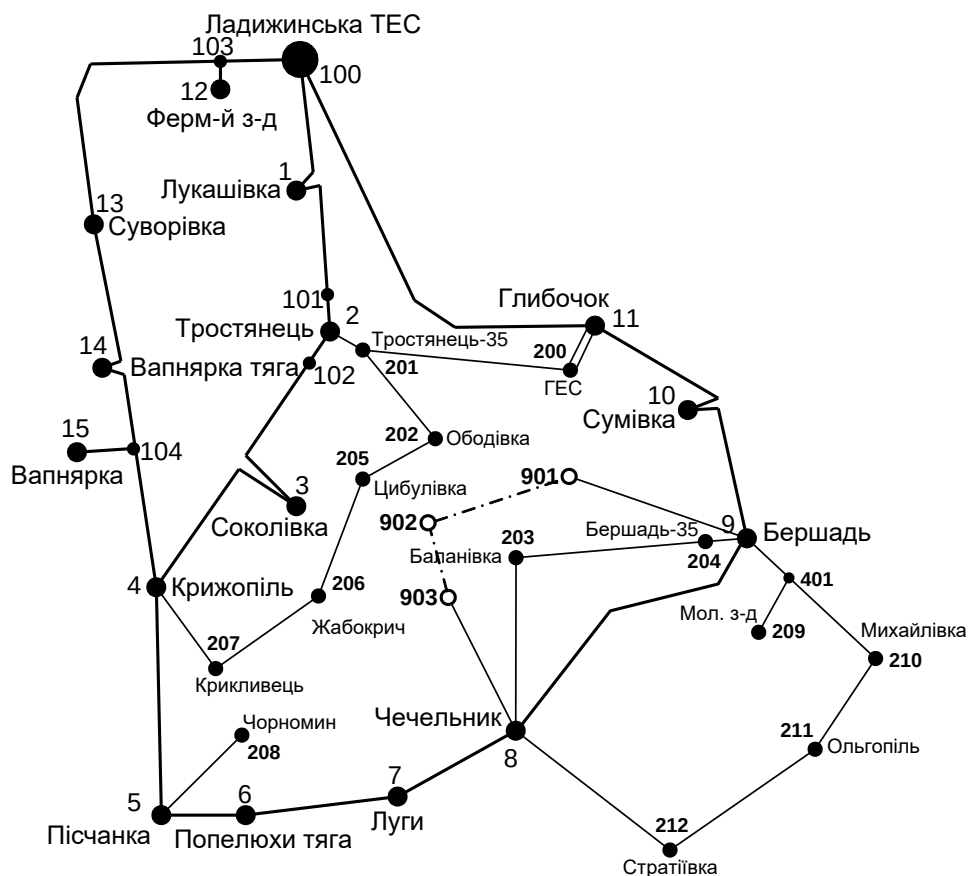


Рисунок 2.8 – Зображення оптимальної схеми розвитку ЕМ згідно методу динамічного програмування

### 2.3.3 Аналіз визначення конструктивних параметрів ліній електропередачі

Далі визначимо розрахункові струми у всіх вітках згідно оптимального варіанту за формулою (2.13) [5, 12]:

$$I_{\Sigma(5)} = \frac{|S_{\text{л}}|}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} ; \quad (2.13)$$

$$I_{\text{розр}9-901} = \alpha_I \alpha_T \frac{|S_{\text{л}}|}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot n_{\text{л}}} = 1,05 \cdot 1 \cdot \frac{18.446}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 1} = 101.659 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{розр}903-8} = 1,05 \cdot 1 \cdot \frac{7.418}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 1} = 40.879 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{розр}901-902} = 1,05 \cdot 1 \cdot \frac{6.579}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 1} = 36.255 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{розр}902-903} = 1,05 \cdot 1 \cdot \frac{5.417}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 1} = 29.855 \text{ (A)};$$

Час найбільших навантажень  $T_{\text{нб}} = 5600$  (год). Отже  $\alpha_T = 1$ , оскільки  $4000 < T_{\text{нб}} < 6000$  годин.

По довідниковим даним вибираємо переріз проводів та параметри лінії.

- номінальна напруга – 110 кВ;
- тип опор – одноланцюгові;
- матеріал опор – залізобетон;
- район ожеледі – III;

Далі проведемо перевірку проводів на протиаварійний режим, тобто 6 варіантів аварії в мережі, які можуть призвести до зміни перетоків навантаження.

1й – розрив лінії 9-901;

2й – розрив лінії 8-903;

3й – розрив лінії 9-901 та відсутня генерація на СЕС (703);

4й – розрив лінії 8-903 та відсутня генерація на СЕС (703);

5й – розрив лінії 901-902;

6й – розрив лінії 902-903.

Всі отримані результати показані в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку конструктивних перерізів ЛЕП

| ЛЕП     | $I_{па1},$<br>А | $I_{па2},$<br>А | $I_{па3},$<br>А | $I_{па4},$<br>А | $I_{па5},$<br>А | $I_{па6},$<br>А | $I_{па}, A$<br>max | $I_{па}$<br>доп. | $I_{роз}, A$ | Марка<br>проводу |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|------------------|--------------|------------------|
| 9-901   | 0               | 65.8            | 0               | 120.8           | 70.0            | 121.2           | 121.5              | 390              | 101.6        | АС-150/19        |
| 8-903   | 66.9            | 0               | 121.5           | 0               | 32.2            | 67.4            |                    |                  | 40.9         | АС-150/19        |
| 901-902 | 70.9            | 32.2            | 70.9            | 49.7            | 0               | 50.1            |                    |                  | 36.2         | АС-150/19        |
| 902-903 | 121.1           | 67.5            | 121.2           | 0.4             | 50.2            | 0               |                    |                  | 29.8         | АС-150/19        |

Згідно ПУЕ [10] мережу 110кВ рекомендується прокладати проводом АС 240/39, але допускається АС-150/19.

Після порівняння отриманих результатів значень струмів у аварійних ситуаціях з допустимим струмом для АС-150/19, було прийняте рішення використовувати провід АС-150/19, так як він повністю задовольняє вимогам нормативних документів.

#### **2.4 Алгоритм визначення та вибору потужностей трансформаторів на споживальних підстанціях**

Для вибору трансформаторів враховуються наступні критерії, а саме [5, 9]:

1. Якщо в складі навантаження підстанції існують споживачі 1-ої категорії, то число встановлюваних трансформаторів повинно бути не менше двох.

2. На підстанціях, які здійснюють електрозабезпечення споживачів 2-ої і 3-ої категорії, допускається встановлення 1-го трансформатора, при існуванні в мережевому районі централізованого пересувного трансформаторного резерву і можливості заміни пошкодженого трансформатора за час не більше 1-єї доби, що на сьогодні достатньо мало можливо.

Вибір трансформаторів здійснюється за наступними формулами:

$$\underline{S}_{T.ном} \geq \frac{P_{max}}{1,4(n_T - 1) \cos \varphi_n} = \frac{S_{max}}{1,4 \cdot (n_T - 1)}, \quad (2.14)$$

де  $n_T$  - кількість однотипних трансформаторів, які встановлюються на підстанції;

Для 901 вузла згідно (2.14) маємо:

$$S_1 \geq \frac{11.8}{1.4 \cdot 0.9} = 9.365 \text{ МВА.}$$

Для заданого діапазона вибираємо два стандартних двохфазних трансформатори з номінальною потужністю 10 МВА.

У вузлах 902 та 903 також встановлюємо два трансформатори.

Таблиця 2.9 – Перелік технічних параметрів трансформаторів у вузлах

| Номер вузла | Тип           | S <sub>ном</sub><br>МВА | Границі регулювання | U <sub>ном</sub><br>обмоток, кВ |    | u <sub>к</sub><br>% | ΔP <sub>к</sub><br>кВт | ΔP <sub>х</sub><br>кВт | I <sub>х</sub><br>% | R<br>Ом | X<br>Ом | ΔQ <sub>х</sub><br>кВАр |
|-------------|---------------|-------------------------|---------------------|---------------------------------|----|---------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------|---------|-------------------------|
|             |               |                         |                     | ВН                              | НН |                     |                        |                        |                     |         |         |                         |
| 901         | ТДН-10000/110 | 10                      | ±9×1,78%            | 115                             | 11 | 10.5                | 60                     | 14                     | 0.7                 | 7.95    | 139     | 70                      |
| 902         | ТДН-10000/110 | 10                      | ±9×1,78%            | 115                             | 11 | 10.5                | 60                     | 14                     | 0.7                 | 7.95    | 139     | 70                      |
| 903         | ТДН-10000/110 | 10                      | ±9×1,78%            | 115                             | 11 | 10.5                | 60                     | 14                     | 0.7                 | 7.95    | 139     | 70                      |

Остаточна перевірка допустимості післяаварійного режиму здійснюється згідно наступної формули 2.15:

$$K_{з.па} = \frac{S_{нав}}{(n_m - 1) \cdot S_n} \leq 1.4 \quad (2.15)$$

Отже, для вузлів ЛЕП перевірка буде виглядати наступним чином:

$$K_{з1.па} = \frac{13.111}{(2-1) \cdot 10} = 1.311 \leq 1.4$$

$$K_{з2.па} = \frac{9.318}{(2-1) \cdot 10} = 0.932 \leq 1.4$$

$$K_{з3.па} = \frac{12.5}{(2-1) \cdot 10} = 1.25 \leq 1.4$$

Перевірка перевантаження обраного трансформатора у вузлах показала, що коефіцієнт перевантаження складає  $\leq 1.4$ , що відповідає та задовольняє технічним умовам експлуатації. Отримані результати розрахунків показують, що трансформатори прийнятої потужності можуть не тільки забезпечувати надійне електропостачання споживачів, але й передбачають розвиток споживання електроенергії. Порядок вибору трансформаторів для інших підстанцій виконано аналогічно, результати представлені в таблиці 2.9.

## 2.5 Порядок вибору схем розподільчих пристроїв підстанцій

Враховуючи призначення, положення та роль підстанції в електричній мережі енергосистеми, включаючи лінії та трансформатори при виборі конфігурації електричної підстанції необхідно враховувати кількість приєднань [8, 12].

З огляду на функції електричної підстанції в ЕМ, її схема повинна відповідати таким вимогам:

- забезпечувати надійне електропостачання приєднаних споживачів у нормальних, ремонтних і післяаварійних режимах, враховуючи категорії надійності електропостачання для електроприймачів та наявність незалежних резервних джерел живлення;
- гарантувати надійність транзиту електроенергії через підстанцію в нормальних, ремонтних і післяаварійних умовах відповідно до її значення для конкретного ділянки мережі;
- враховувати поетапний розвиток підстанції, динаміку змін навантаження в мережі та інші аспекти. Розвиток підстанції та її основної схеми повинен відбуватися, виходячи з принципу етапного розвитку,

забезпечуючи найбільш простий та економічний розвиток без суттєвих реконструкцій із збереженням електропостачання споживачів;

- враховувати вимоги до протиаварійної автоматики.

### 2.5.1 Аналіз вибору схеми прохідних підстанцій

Для розподільних пристроїв 110 кВ було вибрано схему 110-3 – «Місток з вимикачами в колах трансформаторів і ремонтною перемичкою з боку трансформаторів», оскільки на підстанціях 901, 902 та 903 встановлюється по два трансформатори, а кількість ліній, що підходять до підстанції дорівнює двом (рис 2.9) [6, 12].

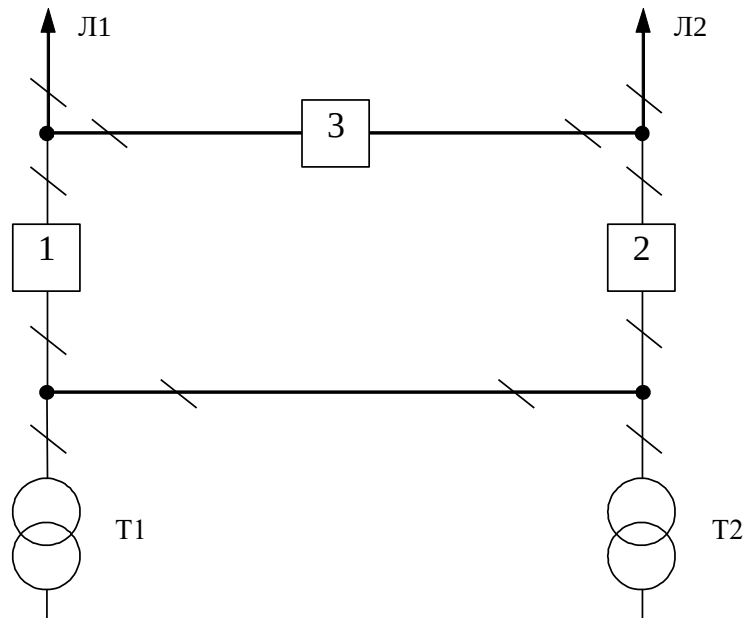


Рисунок 2.9 – Зображення схеми розподільного пристрою для нових вузлів 901, 902 та 903

Запропонована схема зможе забезпечувати транзит електроенергії або у разі відмови, або у випадку виведення в ремонт одного з елементів розподільного пристрою на стороні ВН підстанції.

### 2.5.2 Аналіз вибору схеми відгалуджувальної підстанції

Для того, щоб забезпечити живлення нових споживачів одним з джерел електропостачання було обрано ПС Бершадь (вузол 9). Отже, після реконструкції вказана підстанція з прохідної перетворюється на відгалуджувальну. Для РП 110 кВ відгалуджувальної підстанції ПС Бершадь (вузол 9) існуюча схема є незадовільною, тому пропонується виконати її реконструкцію. Наявну схему РП 110 кВ рекомендується замінити на схему «Дві робочі та обхідна система шин» та замінити наявні короткозамикачі з відділювачами на вимикачі. Отож, для вказаної підстанції прийнято схему розподільчого пристрою 110 кВ 110-5 – «Дві робочі та обхідна система шин» (рис. 2.10).

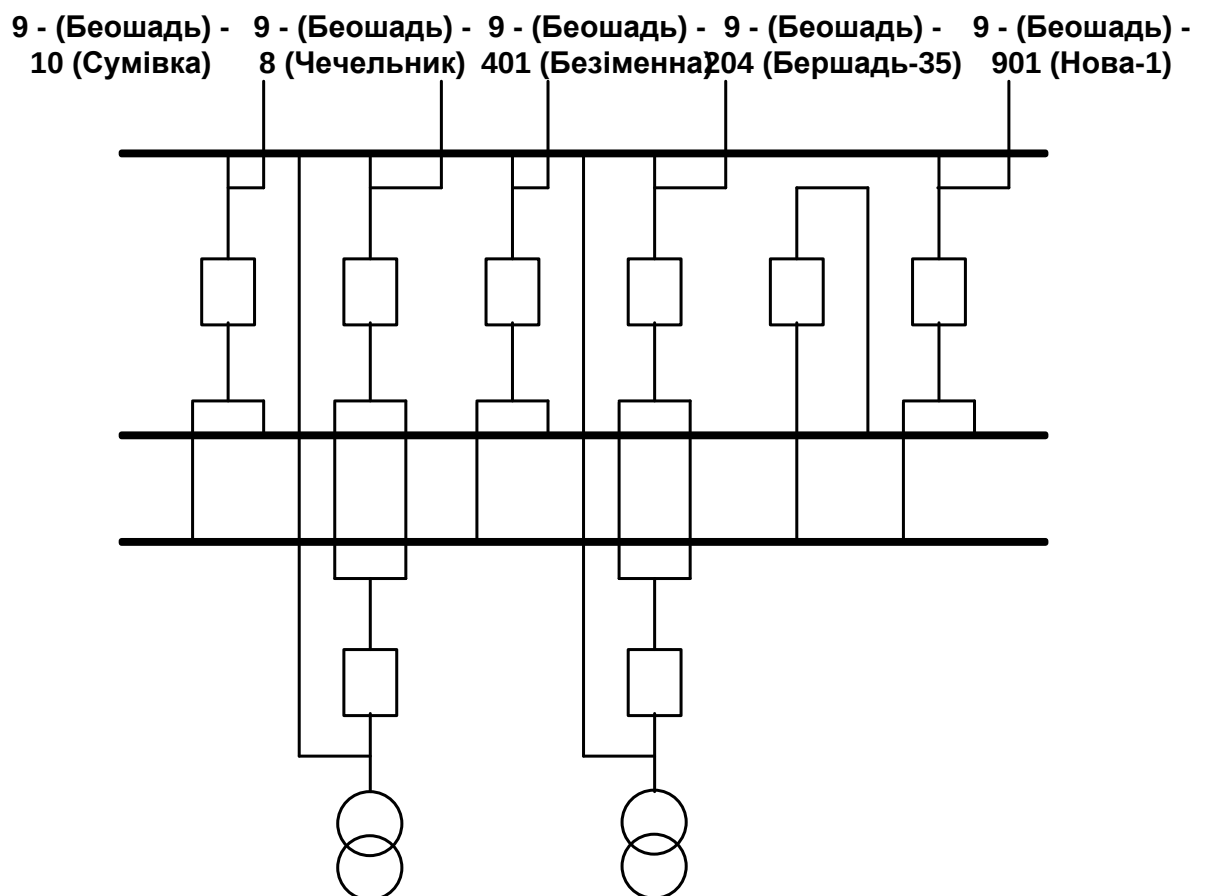


Рисунок 2.10 – Зображення схеми «Дві робочі та обхідна система шин»

Одним з вузлів живлення нових споживачів було прийнято Чечельник (вузол 8), що є місцем з'єднання проводів АС-120 ліній «Сумівка - Чечельник» [12], тому там пропонується встановити замість анкерної відгалуджувальну опору. Це дасть можливість не розбудовувати проміжний РП та заощадити кошти на облаштування та подальшу експлуатацію додаткових елементів обладнання. Подібне рішення не призведе до погіршення надійності та селективності релейного захисту ЛЕП «Сумівка - Чечельник» оскільки розміщення комплектів захисту ЛЕП на ПС «Нова-3» забезпечить обмеження зони захисту та його резервування.

### 2.5.3 Аналіз оцінки надійності схем підстанцій

Алгоритм розрахунку надійності схем РП полягає у визначенні тривалості вимушеного простою елементів, що відключились або роботи з розділенням РП внаслідок відмов як вимикачів РП, так і самих комутуючих елементів в нормальному та ремонтному режимах РП, а також у визначенні математичних очікувань кількості відключень елементів (ліній, трансформаторів, генераторів), що комутуються в РП, та розділення РП на електрично непов'язані частини. Розглянемо розрахунок схеми прохідної підстанції СЕС (вузол 901).

Необхідні показники надійності визначаються за допомогою формалізованого методу В.Д. Тарівердієва. Вихідними даними для розрахунку є параметри потоку раптових відмов вимикачів РП та елементів, що комутуються в РП,  $\omega_i$  (1/рік), час поновлення вимикачів  $T_B$  (год.), періодичність  $m$  (1/рік), та тривалість планових ремонтів  $T_P$  (год.), а також час, необхідний для виявлення вимикача, що відмовив,  $T_0$  (год.), та час для відключення (включення) роз'єднувача  $T_R$  (год.).

Розрахунок виконується за формою таблиці 2.10. У лівій колонці наведені елементи та наслідки відмов з відповідними параметрами потоку відмов. У верхньому рядку вказані ремонтвані вимикачі та відповідні коефіцієнти режимів роботи РП –  $K_j$ .



Нормальному режиму роботи РП приписується номер 0; коефіцієнт нормального режиму дорівнює:

$$K_0 = 1 - n \cdot K_j, \quad (2.16)$$

де  $n$  – кількість вимикачів в РП.

У відповідності з (2.16) для варіантів схеми вузлової підстанції маємо:

$$K_0^I = 1 - 4 \cdot 0,0003 = 0,9988$$

Для кожного поєднання  $i$  та  $j$  оцінюються наслідки відмови  $i$ -го елемента в  $j$ -му режимі, визначаючи елементи, які вимикаються. Потім обчислюється математичне очікування цієї відмови за формулою:  $\omega_{i,j} = \omega_i \cdot K_j$ .  
Наприклад:

$$\omega_{1,2} = 0,016 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ 1/рік.}$$

Час планового простою вимикача, що відмовив, та вимикача, який знаходиться в плановому ремонті визначається за формулою:

$$T_{B2;П1} = T_{B2} - ((T_{B2})^2 / 2 \cdot T_{П1}),$$

де  $T_{П1} = 23$  год;

Тоді:

$$T_{B2П1} = 40 - ((40)^2 / 2 \cdot 23) = 5,22 \text{ год.}$$

Скориставшись програмою «Надійність», яка дозволяє визначити надійність схеми певної конфігурації, отримаємо розрахункову таблицю (табл. 2.10). Оцінивши наслідки відмов елементів розподільчого пристрою, можна сформулювати вибірку характеристик надійності схеми підстанції. До вибірки включено лише ті відмови, які призводять до втрати електропостачання споживачів (табл. 2.11).

Таблиця 2.10 – Аналіз наслідків відмов та виконання ремонтів елементів схеми РП

| Вимикач<br>що<br>відмовив | Ймо-<br>вірність     | Параметр<br>поток<br>відмов $w_i$ | Вимикач, який знаходиться на плановому ремонті  |                                      |                                  |                                       |                                   |
|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
|                           |                      |                                   | Коефіцієнт режиму $K_j$ та ремонтуємі вимикамчі |                                      |                                  |                                       |                                   |
|                           |                      |                                   | $K_p = 0,0003$                                  |                                      |                                  |                                       |                                   |
|                           |                      |                                   | $K_0=0,9985$                                    | Q1                                   | Q2                               | Q3                                    | Q4                                |
| Q1                        | $4,8 \cdot 10^{-6}$  | 0,016                             | ЛЗ,Л2,Л1,<br>АТ2,АТ1-<br>23                     |                                      | ЛЗ,Л2,Л1,<br>АТ2,АТ1-23          | ЛЗ,Л2,Л1,<br>АТ2,АТ1-<br>23           | ЛЗ,Л2,Л1,<br>АТ2,АТ1-23           |
|                           |                      |                                   | D(АТ2,Л2)-<br>40                                |                                      | Л1<br>D(АТ1,Л3),<br>D(АТ2,Л2)-40 | Л1<br>D(АТ1,Л3),<br>D(АТ2,Л2)-<br>40  | Л2, АТ2-40                        |
| Q2                        | $4,8 \cdot 10^{-6}$  | 0,016                             | ЛЗ,Л1,АТ1<br>D(АТ2,Л2)-<br>23                   | ЛЗ,Л1,АТ1<br>D(АТ2,Л2)-<br>23        |                                  | ЛЗ,Л1,АТ1<br>D(АТ2,Л2)-<br>23         | ЛЗ,Л2,<br>Л1,АТ2,<br>АТ1-23       |
|                           |                      |                                   | Л1-40                                           | Л1<br>D(АТ1,Л3),<br>D(АТ2,Л2)-<br>40 |                                  | ЛЗ, Л1,<br>D(АТ1,<br>АТ2, Л2) -<br>40 | Л2,Л1,<br>D(АТ1, АТ2,<br>Л1) - 40 |
| Q3                        | $5,01 \cdot 10^{-6}$ | 0,0167                            | ЛЗ,Л1,АТ1<br>D(АТ2,Л2)-<br>23                   | ЛЗ,Л1,АТ1<br>D(АТ2,Л2)-<br>23        | ЛЗ,Л1,АТ1<br>D(АТ2,Л2)-23        |                                       | ЛЗ,Л2,<br>Л1,АТ2,<br>АТ1-23       |
|                           |                      |                                   | ЛЗ-40                                           | ЛЗ<br>D(АТ1,Л1),<br>D(АТ2,Л2)-<br>40 | G2,G1,<br>D(W1,W2)-40            |                                       | ЛЗ,Л2, D<br>(АТ1АТ2,Л1)<br>– 40   |
| Q4                        | $4,8 \cdot 10^{-6}$  | 0,016                             | Л2, АТ2 –<br>23                                 | Л2, АТ2-23                           | Л2,Л1, АТ2,<br>D(АТ1,Л3) –<br>23 | ЛЗ,Л2,АТ2,<br>D(АТ1, Л1)<br>– 23      |                                   |
|                           |                      |                                   | Л2-40                                           | Л2, АТ2-40                           | Л2,Л1,D(АТ1,<br>АТ2, Л3) - 40    | ЛЗ, Л2,<br>D(АТ1,<br>АТ2, Л1) -<br>40 |                                   |

Таблиця 2.11 – Аналіз вибірки характеристик надійності схеми підстанції

| Назва приєднання      | кількість подій | Тривалість<br>часу<br>відключення | Імовірність події | Імовірність<br>відключення |
|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------|
| ЛЗ,Л2,Л1, АТ2, АТ1    | 4               | 1                                 | 0,016             | 0,064                      |
| Л2,Л1, АТ2, D(АТ1,Л3) | 1               | 1                                 | 0,016             | 0,016                      |
| Л2,Л1, D(АТ1, АТ2,Л3) | 2               | 5,2                               | 0,00029955        | 5,99E-04                   |

Імовірність відключення окремого приєднання можна визначити як суму ймовірностей різних подій, що призводять до цього відключення. Для розрахунку збитків від недопостачання електроенергії (2.17) потрібно знайти річний обсяг споживання електроенергії (2.18) та обсяг недопоставленої електроенергії (формула 2.19).

Питомі збитки, пов'язані з недовідпуском електричної енергії споживачам, згідно із завданням становлять 142 грн за кВт·год.

$$M_{зб} = \Delta W_{нд} \cdot 3_0 \quad (2.17)$$

$$M_{зб} = 1731,4 \cdot 142 = 245858,8 \text{ (тис. грн.)};$$

$$W_{рік} = P_{нб} \cdot T_{нб} \quad (2.18)$$

$$W_{рік} = 5400 \cdot 18,75 = 101250 \text{ (МВт·год)};$$

$$\Delta W_{нд} = K_{всум} \cdot W_{рік} \quad (2.19)$$

$$\Delta W_{нд} = 0,0171 \cdot 101250 = 1731,4 \text{ (МВт·год)}.$$

Результат визначення показані у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Аналіз збитків від недовідпуску електричної енергії

| W <sub>рік</sub> , МВт·год | ΔW <sub>нд</sub> , МВт·год | Мзб, грн. |
|----------------------------|----------------------------|-----------|
| 101250                     | 1731,4                     | 245858,8  |

На основі розрахунків можна зробити висновок, що ця схема має відносно невеликі збитки, а також надійне електропостачання для нових споживачів. Крім того, вона не потребує дорого вартісної реконструкції, що дозволяє здешевити реалізацію даного проектного рішення.

## 2.6 Аналіз алгоритму оцінювання балансу потужностей на шинах джерела живлення

Джерела централізованого електропостачання повинні в будь-який момент часу подавати в мережу стільки електроенергії, скільки споживають всі користувач-споживачі з урахуванням втрат на передачу. З огляду на це,

баланс активних потужностей при незмінній частоті  $f=f_{\text{ном}}$  для вузлів 901, 902, 903 виражається таким чином:

$$P_{\Gamma} = K \times \sum_{i=1}^k P_{\text{ні}} + \Delta P_{\text{М}}; \quad (2.20)$$

$$P_{\Gamma} = 0,9 \cdot 20 + 0,05 \cdot 20 = 19 \text{ (МВт)},$$

де  $P_{\Gamma}$  – значення активної потужності на шинах енергопостачальної підстанції;  $\sum P_{\text{ні}}$  – значення сумарної активної потужності навантажень;  $\Delta P_{\text{М}} = 0,05 \cdot \sum P_{\text{ні}}$  – втрати активної потужності в лініях і трансформаторах приймається, що вони складають 5 % від  $\sum P_{\text{ні}}$ ;  $K = 0,9$  – коефіцієнт одночасності максимуму навантаження [9, 12].

Реактивна потужність, що споживається від центрів живлення з урахуванням забезпечення економічного її транспортування:

$$Q_{\Gamma} = P_{\Gamma} \cdot \text{tg}(\arccos \varphi_{\Gamma}); \quad (2.21)$$

$$Q_{\Gamma} = 19 \cdot \text{tg}(\arccos 0,95) = 19 \cdot 0,34 = 6,46 \text{ (МВАр)},$$

де  $\varphi_{\Gamma} = 0,95$  – необхідний коефіцієнт потужності на шинах живильних підстанцій визначається з урахуванням економічності експлуатації.

Реактивна потужність, споживана в районі загалом, визначається як сума відповідних навантажень у різних пунктах з урахуванням коефіцієнта одночасності для реактивних навантажень, який приблизно дорівнює 0.95.

Розрахунок генерації реактивної потужності на відрізку ЛЕП буде мати вигляд (2.22), а саме:

$$Q_{\text{ЛЕП}} = U^2 \cdot b_0 \cdot l. \quad (2.22)$$

Отже, розрахунок генерації реактивної потужності на ділянці ЛЕП – 9-901 дорівнює:

$$Q_{\text{ЛЕП9-901}} = 101,83^2 \cdot (2,85 \cdot 10^{-6} \cdot 14) = 0,414 \text{ (МВАр)}.$$

Для всіх інших ділянок ЛЕП розрахунки виконувались аналогічним способом. Визначимо сумарну генерацію реактивної потужності магістралі, яка дорівнює:

$$\sum_{i=1}^k Q_{\text{ЛЕП}} = 0,414 + 0,32 + 0,173 + 0,318 = 1,225 \text{ (МВАр)}.$$

Визначаємо розрахункову потужність компенсуючого пристрою:

$$Q_{\text{СП}} = 0,95 \cdot \sum_{i=1}^k Q_{\text{Нi}} = 0,95 \cdot 10,15 = 9,643 \text{ (МВАр)};$$

$$\Delta Q_{\text{ЛЕП,ТР}} = 0,1 \cdot Q_{\text{СП}} = 0,1 \cdot 9,643 = 0,964 \text{ (МВАр)};$$

$$\sum_{i=1}^k Q_{\text{КПi}} = 9,643 + 0,964 - 6,46 - 1,225 = 2,922 \text{ (МВАр)}.$$

Зіставивши сумарну потужність споживачів у розмірі 9,643 МВАр з потужністю, що надходить від джерел постачання 2,922 МВАр, можна дійти висновку про доцільність встановлення компенсуючих пристроїв УКРЛ56-10,5-3150-450 УЗ на 3150 КВАр у вузлі з найнижчою напругою, тобто у вузлі 903.

## **2.7 Аналіз алгоритму розрахунку та дослідження усталеного режиму роботи ЕМ**

Розрахунок усталеного режиму електричної мережі (ЕМ) здійснюється за допомогою програмного комплексу Втрати "RVM – High". Даний

програмний комплекс дозволяє, на основі заданих даних про вітки (довжина, марка проводу) і вузли (наявність трансформаторів, їх тип і кількість, номінальна напруга), виконати розрахунок і дослідження усталеного режиму електричної мережі 110/35/10 кВ.

Основними результатами розрахунків за допомогою цієї програми є втрати потужності та електроенергії в заданій ЕМ. Крім того, програма також обчислює усталений режим електричної мережі, надаючи інформацію про значення напруги у вузлах та струми у її вітках.

Отримані результати розрахунків усталеного режиму ЕМ 110/35/10 кВ представлені у додатку В у вигляді таблиць. Файл вхідних даних з після розвитку ЕМ наведений у додатку В. Результати розрахунків усталеного режиму електричної мережі 110/35/10 кВ після розвитку, а також результати розрахунків мінімального та післяаварійного режимів електричної мережі після розвитку, також представлені у відповідних додатках даної роботи [8].

## **2.8 Дослідження регулювання напруги в ЕМ**

Споживачі можуть ефективно працювати лише при дотриманні нормованих значень частоти та напруги, які є показниками якості електроенергії. Основне завдання підтримки напруги в живильних мережах полягає в забезпеченні необхідних показників якості енергії. У розподільчих мережах 10 кВ регулювання напруги здійснюється безпосередньо в центрах живлення за допомогою трансформаторів з РПН.

Регулювання напруги виконується з метою забезпечення нормативних відхилень напруги на шинах вторинної напруги на підстанціях. Значення напруг у вузлах на високій та низькій сторонах без регулювання РПН наведені у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Перелік величин напруги у нових вузлах на стороні 110кВ

| Номер вузла за схемою ЕМ | Напруга нових вузлів навантаження, кВ   |                                        |                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
|                          | Значення напруги в максимальному режимі | Значення напруги в мінімальному режимі | Значення напруги в післяаварійному режимі |
| 901                      | 95,30                                   | 89,48                                  | 101,00                                    |
| 902                      | 95,00                                   | 89,16                                  | 100,72                                    |
| 903                      | 95,00                                   | 89,15                                  | 100,72                                    |

Таблиця 2.14 – Перелік величин напруги у нових вузлах на стороні 10 кВ

| Номер вузла за схемою ЕМ | Напруга нових вузлів навантаження, кВ   |                                        |                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
|                          | Значення напруги в максимальному режимі | Значення напруги в мінімальному режимі | Значення напруги в післяаварійному режимі |
| 901                      | 7,87                                    | 6,63                                   | 9,27                                      |
| 902                      | 8,47                                    | 7,44                                   | 8,71                                      |
| 903                      | 7,79                                    | 6,49                                   | 9,01                                      |

На шинах високої напруги рівні напруги залежать від параметрів існуючої мережі і визначаються розрахунком режиму максимальних навантажень (додаток В).

Фактичний рівень напруги у вузлі визначається за такою формулою:

$$U_{HH} = \frac{U_{BH} - \Delta U'_T}{K_T} = \frac{\Delta U'_T}{K_T} \quad (2.23)$$

де  $\Delta U'_T$  – величини втрат напруги в трансформаторах, приведені до сторони ВН [12].

$$\Delta U'_T = \frac{P_H \cdot R_T + (Q_H - Q_{KV}) \cdot X_T}{U_{BH}} \quad (2.24)$$

де  $U_{ВН}$  – розрахункова величина робочого рівня напруги у вузлі;  $P_H$ ,  $Q_H$  – активна і реактивна складові потужності навантаження у вузлі.

Бажаний коефіцієнт трансформації визначають з метою забезпечення бажаної напруги  $U_{НН6}$  на стороні низької напруги трансформаторної підстанції (приймаємо  $U_{НН6}$  рівним 10,5 кВ, з метою компенсації спаду напруги у мережах 10 кВ).

$$K_{Т6} = \frac{U_{ВН}}{U_{НН6}} . \quad (2.25)$$

Далі визначаємо фактичний коефіцієнт трансформації трансформатора та номер відпайки, враховуючи межі регулювання і номінальний коефіцієнт трансформації вибраних трансформаторів. Всі трансформатори, які використовуються в мережі, мають напругу високої сторони 115 кВ, а низької – 10,5 кВ, з межами регулювання  $\pm 9 \times 1,78 \%$ . Визначення дійсного коефіцієнта трансформації виконується за наступною формулою:

$$K_{Тд} = \frac{U_{ВН}}{U_{НН}} = \frac{115}{10,5} = 10,9 \quad (2.26)$$

Використовуючи формулу (2.24), розрахуємо з урахуванням меж регулювання кожний наступний фактичний коефіцієнт трансформації, який відповідає наступному номеру відпайки, і буде дорівнювати добутку розрахованого коефіцієнта трансформації  $K_{Тд}$  за формулою (2.26) на відносну кількість робочих витків, що відповідає номеру відпайки.

За допомогою формули (2.24) визначаємо втрати напруги в трансформаторах, приведені до сторони високої напруги для підстанції 901.

$$\Delta U_{Т901} = \frac{((11,59) \cdot (7,95 / 2)) + ((5,61) \cdot (139 / 2))}{101,00} = 4,316 \text{ кВ}$$



За допомогою (2.25) визначаємо бажаний коефіцієнт трансформації:

$$K_{T9016} = \frac{101,00 + 4,316}{10,5} = 10,03$$

Ближче за табличними даними (таблиця 2.15) значення дійсного коефіцієнт трансформації  $K_{T701д} = 10,03$ , що відповідає 11-й відпайці.

Дійсний рівень напруги у першому вузлі визначаємо за формулою (2.23).

$$U_{HH701д} = \frac{101,00 + 4,316}{10,03} = 10,5 \text{ кВ.}$$

Таблиця 2.15 – Величини дійсних коефіцієнтів трансформації трансформаторів.

| № відпайки | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     | 11     | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    | 17    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $K_{T6}$   | 11,709 | 11,552 | 11,395 | 11,239 | 11,082 | 10,925 | 10,768 | 10,611 | 10,455 | 10,298 | 10,141 | 9,984 | 9,827 | 9,670 | 9,514 | 9,357 | 9,200 |

Такі ж самі розрахунки виконуємо для решти нових вузлів споживання схеми та показуємо їх в табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Результати розрахунків з регулювання напруги

| Номер підстанції на схемі електричної мережі | Значення втрат напруги в трансформаторах, кВ | Значення бажаного коефіцієнта трансформації | Значення дійсної напруги на шинах НН, кВ | Номер відпайки | Значення дійсного коефіцієнта трансформації | Значення оберненого коефіцієнта трансформації |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 901                                          | 4,316                                        | 10,03                                       | 10,5                                     | 11             | 10,141                                      | 0,09                                          |
| 902                                          | 3,319                                        | 9,909                                       | 10,5                                     | 12             | 9,984                                       | 0,096                                         |
| 903                                          | 0,483                                        | 9,638                                       | 10,5                                     | 14             | 9,670                                       | 0,093                                         |

Після розробки заходів з регулювання напруги на споживальних підстанціях було проведено розрахунок режиму максимальних навантажень електричної мережі та запроваджено бажані коефіцієнти трансформації на підстанціях 901, 902, 903 (додаток В). Аналізуючи отримані результати можна констатувати, що рівень напруги у вузлах відповідає рівню  $\pm 10\%$  від номінальної напруги, що відповідає нормам показників якості електроенергії.

## **З АНАЛІЗ БУДОВИ ТА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ**

Відомо, що вимикач є основним комутаційним апаратом в електричних установках різних номінальних напруг. Він призначений для увімкнення та вимкнення електричних кіл у різних режимах роботи електричних мереж: при тривалому навантаженні, перевантаженні, короткому замиканні, холостому ході та несинхронній роботі. Найскладнішою і найвідповідальнішою операцією є вимкнення струмів коротких замикань (КЗ) та увімкнення вимикача на відповідне КЗ [13, 14].

Незважаючи на значний прогрес у розвитку електричного обладнання та вдосконаленні маломасляних і вакуумних вимикачів за останні роки, сфера застосування повітряних вимикачів залишається досить широкою. Очікується, що ця сфера навіть розширюватиметься у найближчі роки.

Кожен тип вимикачів визначається великою кількістю даних, які надають повну інформацію про його параметри, конструкцію, застосування та умови експлуатації. Сучасні високовольтні вимикачі розрізняють за такими параметрами: спосіб гасіння дуги, призначення, вид установки, категорія розміщення, кліматичне виконання [14].

### **3.1 Аналіз класифікації та характерних особливостей роботи повітряних вимикачів**

На сьогодні існує наступна класифікація повітряних вимикачів за видом вимкнення, яка представлена на рисунку 3.1 [14]:

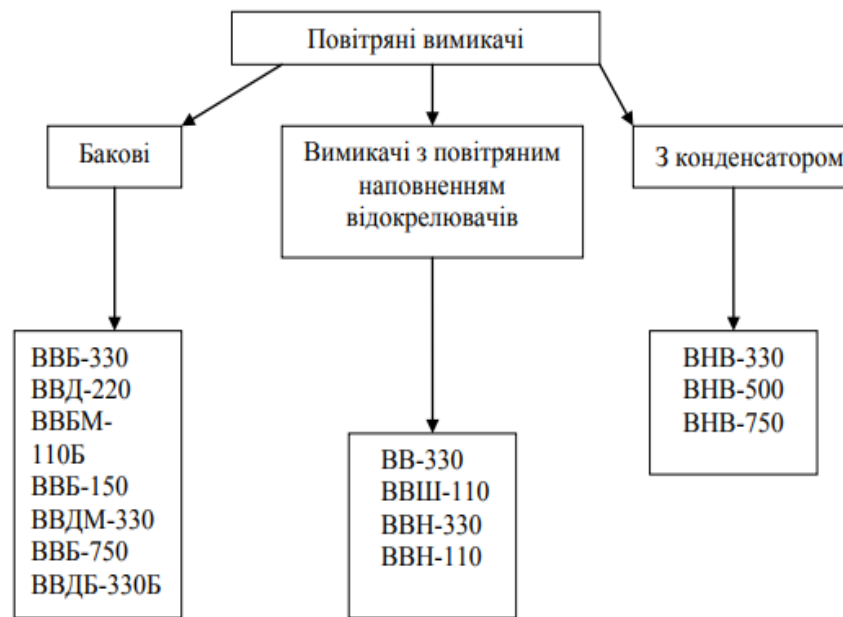


Рисунок 3.1 – Різновиди повітряних вимикачів за типом вимкнення

Конструктивні схеми повітряних вимикачів розрізняють залежно від їх номінальної напруги, способу створення ізоляційного проміжку між контактами у вимкненому положенні та способу подачі стисненого повітря до дугогасильного пристрою (ДП). Відмінною рисою сучасних потужних повітряних вимикачів є модульність їхньої конструкції, що дозволяє використовувати однотипні укрупнені елементи (модулі) для створення вимикача цієї серії для різних класів напруги, зберігаючи параметри кожного з них по напрузі практично незмінними. Важливою є також можливість оснащення кожного з цих дугогасильних модулів шунтувальними резисторами, які знижують амплітуду та швидкість наростання напруги, що відновлюється, а також обмежують небезпечні перенапруги при увімкненні або вимкненні. Тому принцип модульної конструкції вимикачів для високих класів напруги є економічно вигідним [13].

Характерною особливістю конструкції сучасних повітряних вимикачів від різних виробників є досягнення необхідних властивостей і параметрів

принципово однаковими методами, що призвело до зближення принципів побудови їх конструктивних схем. Це дозволяє окреслити характерні особливості у розвитку сучасних повітряних вимикачів:

- модульний принцип побудови серій - цей підхід дозволяє створювати повітряні вимикачі у досить широкому діапазоні напруг (від 35 до 1150 кВ) з однакових модулів, проводити модульні випробування та забезпечувати максимально вигідні умови виробництва, експлуатації та монтажу. Модульний принцип практично однозначно визначає розміщення модулів на високій напрузі з опорною або підвісною ізоляцією.

- розміщення дугогасильних пристроїв безпосередньо в стисненому повітрі, що забезпечує максимальну комутаційну здатність, швидкодію, ізоляційну міцність міжконтактних проміжків та пропускну здатність по номінальному струму.

- збільшення робочого тиску або створення пристроїв, що дозволяють підвищити тиск у момент вимкнення. Наразі, найчастіше тиск часто досягає значень  $6,0 \div 8,5$  МПа;

- застосування надшвидкодіючих систем керування з малим розкидом часу оперування.

- обмеження комутаційних перенапруг у повітряних вимикачах, розрахованих на вищі класи напруги, здійснюється шляхом доукомплектування вимикачів шунтувальними резисторами або реалізацією синхронного увімкнення.

- підвищення надійності та збільшення міжремонтних інтервалів для забезпечення більш надійної роботи існуючих енергосистем і спрощення експлуатації повітряних вимикачів, незважаючи на зростаючу їх складність.

Основними показниками (технічними параметрами) найпоширеніших існуючих типів повітряних вимикачів наведені в таблиці 3.1 [14, 15].

Таблиця 3.1 – Перелік основних технічних параметрів вітчизняних і закордонних повітряних вимикачів

| Серія вимикача (тип) | Номинальний струм, А | Струм термічної стійкості, кА | Номинальний струм відключення, кА | Час включення, сек | Час відключення, сек | Витрата повітря на відключ., л | Маса вимикача, кг |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------|
| ВНСТ-15              | 12000                | 190                           | 31,5                              | 0,060              | 0,080                | -                              | 07500             |
| ВВГ-20               | 20000                | 160                           | 160                               | 0,100              | 0,150                | -                              | 09150             |
| ВВЕ-35               | 1250                 | 16,0                          | 16,0                              | 0,280              | 0,080                | 01300                          | 01200             |
| ВВП-35               | 1250                 | 16,0                          | 16,0                              | 0,280              | 0,080                | -                              | 01200             |
| ВВ-35                | 1250                 | 20,0                          | 20,0                              | 0,280              | 0,080                | -                              | 01300             |
| ВВУ-35               | 3200                 | 40,0                          | 40,0                              | 0,130              | 0,070                | 04000                          | 07500             |
| DLF-72,5             | 2000                 | -                             | 50,0                              | -                  | 0,033                | -                              | -                 |
| ВВШ-110              | 2000                 | 25,0                          | 25,0                              | 0,200              | 0,080                | 03700                          | 09450             |
| ВВЕ-110              | 1250                 | 26,0                          | 16,0                              | 0,150              | 0,080                | 04500                          | 07650             |
| ВВП-110              | 1250                 | 26,0                          | 16,0                              | 0,150              | 0,080                | 04500                          | 07500             |
| ВВУ-110              | 2000                 | 40,0                          | 40,0                              | 0,200              | 0,080                | 08400                          | 15600             |
| ВВБМ-110             | 2000                 | 35,0                          | 31,5                              | 0,150              | 0,070                | 04500                          | 07500             |
| DLF-123              | 3150                 | -                             | 60,0                              | -                  | 0,040                | -                              | -                 |
| РК-138               | 2500                 | -                             | 30,0                              | -                  | 0,050                | -                              | -                 |
| DLF-145              | 4000                 | -                             | 70,0                              | -                  | 0,040                | -                              | -                 |
| ВВБ-150              | 2000                 | 31,5                          | 25,0                              | 0,150              | 0,070                | 04500                          | 09600             |
| ВВШ-150              | 2000                 | 25,0                          | 25,0                              | 0,250              | 0,080                | 18000                          | 13200             |
| РК-170               | 4000                 | -                             | 40,0                              | -                  | 0,050                | -                              | -                 |
| ВВБ-220              | 3200                 | 31,5                          | 31,5                              | 0,200              | 0,080                | 09000                          | 15600             |
| ВВД-220              | 2000                 | 31,5                          | 31,5                              | 0,240              | 0,080                | 09000                          | 16200             |
| ВНВ-220              | 3200                 | 40,0                          | 40,0                              | 0,100              | 0,040                | 14400                          | 12000             |
| РК-245               | 2500                 | -                             | 50,0                              | -                  | 0,050                | -                              | -                 |
| DLF-300              | 3150                 | -                             | 60,0                              | -                  | 0,040                | -                              | -                 |
| РК-300               | 2500                 | -                             | 60,0                              | -                  | 0,050                | -                              | -                 |
| ВВ-330               | 2000                 | 35,5                          | 31,5                              | 0,230              | 0,075                | 45000                          | -                 |
| ВВБ-330              | 2000                 | 40,0                          | 40,0                              | 0,250              | 0,080                | 04200                          | 26000             |
| ВВД-330              | 2000                 | 35,5                          | 35,5                              | 0,250              | 0,080                | 18000                          | 36000             |
| ВНВ-330              | 2000                 | 40,0                          | 40,0                              | 0,250              | 0,040                | 08400                          | 63000             |
| DLF-420              | 2500                 | -                             | 70,0                              | -                  | 0,050                | -                              | -                 |
| РК-420               | 2500                 | -                             | 60,0                              | -                  | 0,050                | -                              | -                 |
| ВВ-500               | 2000                 | 31,5                          | 31,5                              | 0,250              | 0,075                | 6000                           | -                 |
| ВВБ-500              | 2000                 | 35,5                          | 35,5                              | 0,100              | 0,080                | 27000                          | 30000             |
| ВНВ-500              | 2000                 | 63,0                          | 63,0                              | 0,100              | 0,060                | 12600                          | -                 |
| DLF-525              | 4000                 | -                             | 70,0                              | -                  | 0,040                | -                              | -                 |
| РК-525               | 4000                 | -                             | 80,0                              | -                  | 0,050                | -                              | -                 |
| ВВБ-750              | 3200                 | 63,0                          | 63,0                              | 0,100              | 0,060                | 12600                          | 90000             |
| ВНВ-750              | 3200                 | 40,0                          | 40,0                              | -                  |                      | 32500                          | 54000             |
| DLF-765              | 4000                 | -                             | 80,0                              | -                  | 0,040                | -                              | -                 |
| РК-765               | 4000                 | -                             | 80,0                              | -                  | 0,050                | -                              | -                 |
| ВНВ-1150             | 4000                 | 40,0                          | 40,0                              | 0,100              | 0,035                | 52500                          | 137500            |

### **3.2 Аналіз конструктивних особливостей будови повітряних вимикачів**

У вимикачах для великих номінальних струмів (рис. 3.2 а), б)) є головний і дугогасильний контури, аналогічно до маломасляних вимикачів типів МГ і ВГМ. Основна частина струму у ввімкненому стані вимикача проходить через головні контакти 4, які розташовані відкрито. При вимиканні головні контакти розмикаються першими, після чого весь струм проходить через дугогасильні контакти, розташовані в камері 2. До моменту розмикання цих контактів у камеру подається стиснене повітря із резервуара 1, створюючи сильне дуття, яке гасить дугу. Дуття може бути поздовжнім (рис. 3.2, а)) або поперечним (рис. 3.2, б)). Необхідний ізоляційний проміжок між контактами у відключеному стані створюється в дугогасильній камері шляхом розведення контактів на достатню відстань або за допомогою спеціального віддільника 5, який також розташований відкрито. Після вимкнення віддільника 5 подача стисненого повітря в камери припиняється, і дугогасильні контакти замикаються. Вимикачі, виконані за такою конструктивною схемою, виготовляються для внутрішнього встановлення на напруги 15 та 20 кВ і номінальні струми вимкнення до 2000А (серія ВВГ), а також на напругу 35 кВ (серія ВВЕ-35-20/1600УЗ) [13, 15].

У вимикачах для відкритого виконання дугогасильна камера знаходиться всередині фарфорового ізолятора, причому на напрузі 35 кВ достатньо мати один розрив на фазу (рис. 3.2, в), на 110 кВ – 2 розриви на фазу (рис. 3.2, г). Різниця між цими конструкціями полягає в тому, що у вимикачах напругою 35 кВ ізоляційний проміжок утворюється в дугогасильній камері 2, а у вимикачах напругою 110 кВ і вище після гасіння дуги розмикаються контакти віддільника 5 і камера віддільника залишається заповненою стисненим повітрям на весь час вимкненого положення. При цьому в дугогасильну камеру стиснене повітря не подається і контакти в ній не замикаються.

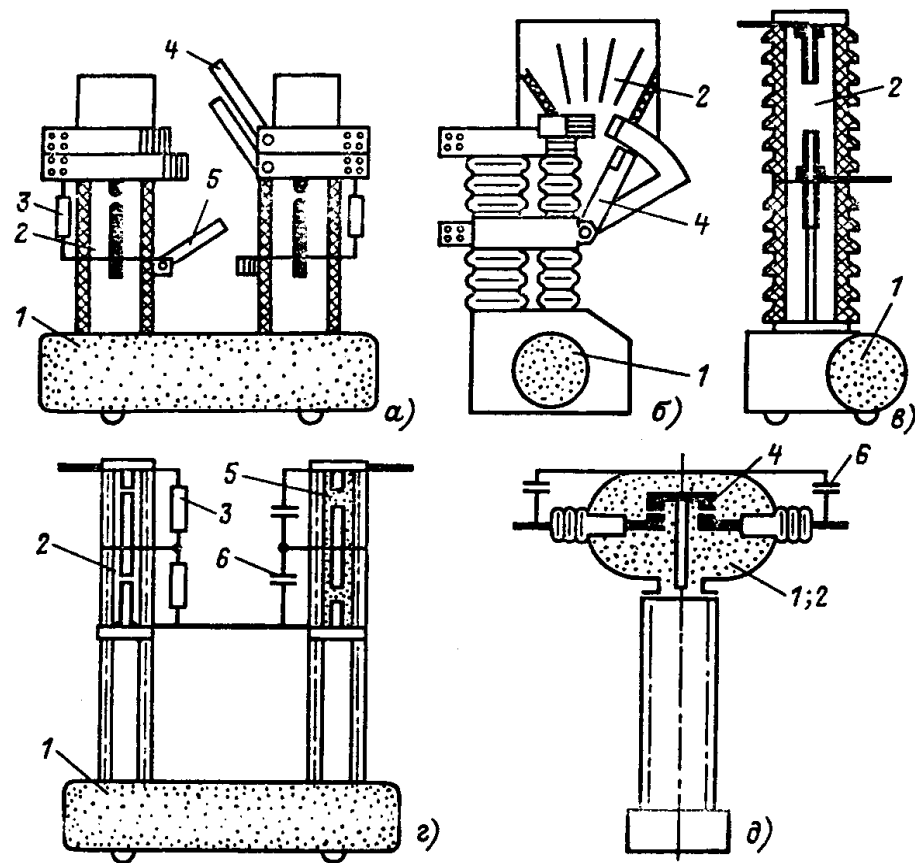


Рисунок 3.2 – Зображення конструктивних схем виконання повітряних вимикачів

За конструктивною схемою, наведеною на рис. 3.2, г), виготовляються вимикачі серії ВВ для напруги до 500 кВ. Чим вища номінальна напруга і чим більша потужність вимкнення, тим більше розривів потрібно мати в дугогасильній камері та у віддільнику (на 330 кВ – 8 розривів; на 500 кВ – 10).

У вимикачах, що розглядаються, повітря подається в дугогасильні камери із резервуара, що розташований біля основи вимикача. Якщо розмістити контактну систему у резервуарі стисненого повітря, який відокремлений від землі, це сприятиме значному прискоренню гасіння дуги. Такий принцип лежить в основі виготовлення вимикачів серії ВВБ (рис. 3.2, г). У цих вимикачах відсутній віддільник. При вимиканні вимикача дугогасильна камера 2, яка одночасно виступає резервуаром стисненого



повітря, з'єднується з атмосферою через клапани дуття, створюючи тиск, що гасить дугу. У вимкненому положенні контакти перебувають у середовищі стисненого повітря. За такою конструкційною схемою виготовляють вимикачі до 750 кВ. Кількість дугогасильних камер залежить від напруги, а саме: для 110 кВ – одна; 220, 330 кВ – 2; 500 кВ – 4; 750 кВ – 6 шт. (у серії ВВБК).

Гасіння дуги в повітряних вимикачах відбувається в спеціальних дугогасильних камерах, де ефективно охолодження здійснюється завдяки потоку повітря, що рухається з великою швидкістю поряд з дуговим стовпом. Для забезпечення рівномірного розподілу напруги по розривах використовуються омичні та ємнісні ділянки напруги. Різноманітні варіанти дугогасильних камер із поздовжнім дуттям показані на рисунку 3.3. Далі розглянемо деякі з конструкцій повітряних вимикачів.

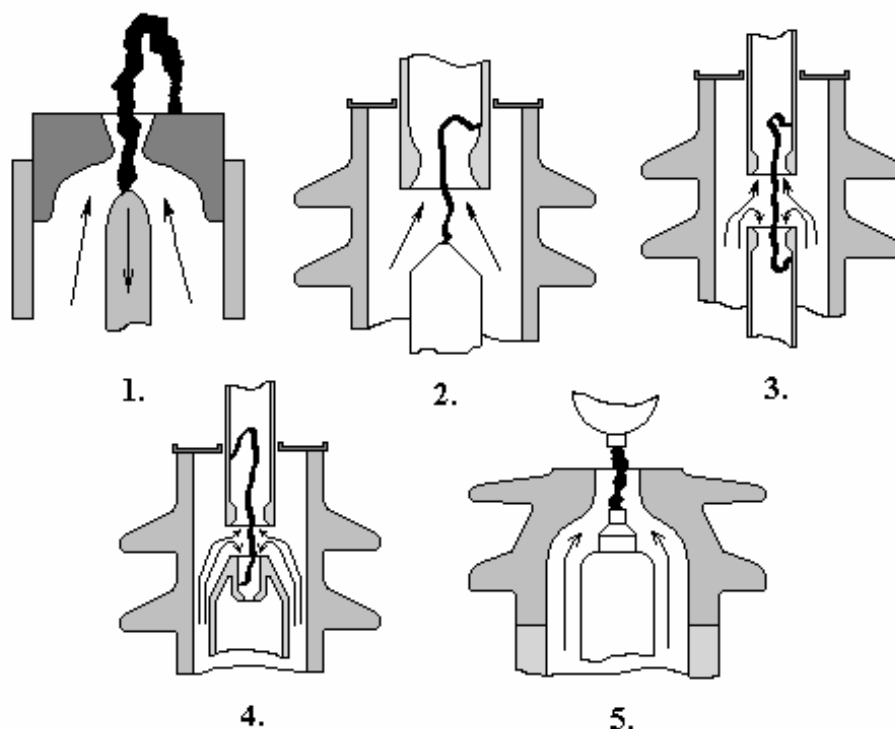


Рисунок 3.3 – Аналіз способів виконання дугогасильних камер повітряних вимикачів

Елементами керування повітряних вимикачів являються: електромагніти для ввімкнення та вимикання; пускові, проміжні та дуттові клапани; пневматичні приводи, які переміщують контакти кіл керування та механізми їхнього перемикавання; ізолюючі та металеві повітропроводи, які з'єднують окремі елементи вимикача; ізолюючі тяги для з'єднання рухомих елементів вимикача, що перебувають під різними потенціалами. Частина цих елементів розміщується в шафах управління полюсами в розподільній шафі, загальній для трьох полюсів вимикача. Для активації контактів первинного кола вимикача, допоміжних контактів кіл керування та дуттових клапанів системи керування використовують такі методи: механічна передача (вимикачі серії ВНВ), коли всі рухи рухомих елементів здійснюються загальним пневматичним приводом за допомогою ізолюючих та металевих тяг; пневматична передача (ВВБ), коли відсутні ізолюючі та металеві тяги, і кожен елемент вимикача переміщується за допомогою окремого пневматичного приводу, а також пневматична передача (ВВБК) [14, 15].

Вимикач обладнаний розподільною шафою, де розташовані пневматичні пристрої. Ця шафа розміщена поза зоною викиду газів з гасильних камер. На рисунку 3.4 зображена схема розподільної шафи. Стиснене повітря подається до розподільної шафи через повітропровід 10. Від розподільної шафи до кожної фази вимикача йдуть головні повітропроводи 14 і повітропроводи системи вентиляції 2. Редукторний клапан 1 призначений для зниження тиску стисненого повітря, що подається на вентиляцію.

### **3.3 Дослідження умов застосування повітряних вимикачів із закритими віддільниками**

Використання повітряних вимикачів у енергетичному секторі широко поширене. Переваги повітряних вимикачів порівняно з масляними, маломасляними та елегазовими визначаються такими характеристиками [14]:

1. Здатність відключати великі струми на напругах вище 35 кВ (до

100 кА).

2. У районах з холодним кліматом не потрібний додатковий обігрів, що відрізняється від масляних, маломасляних та елегазових вимикачів, яким необхідний електропідігрів для збереження герметичності ущільнювачів при низьких температурах.
3. Можливість відключення струмів КЗ недалеко від потужних джерел енергії.
4. Економічна ефективність роботи при напругах вище 330 кВ.

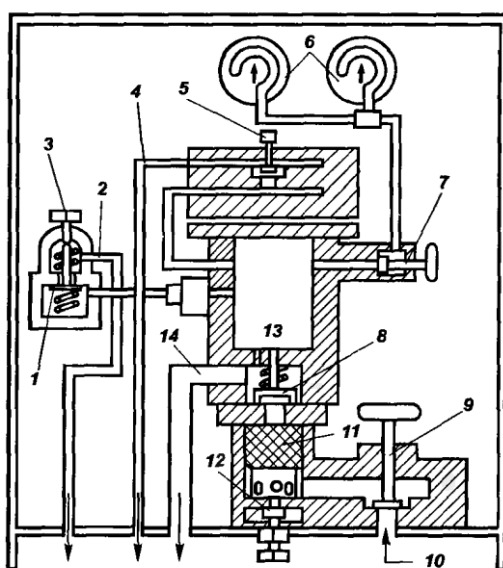


Рисунок 3.4 – Розподільна шафа повітряного вимикача

Параметри повітряних вимикачів наступні:

1. Номінальний струм відключення при не навантаженій лінії та максимальний струм відключення, які вимикач повинен вимикати при номінальній напрузі;
2. Номінальний тиск стисненого повітря - максимальний тиск, при якому відбувається гасіння дуги та керування приводом повітряного вимикача [15].

Повітряні вимикачі серії ВВ і ВВШ, які зображені на рисунку 3.5, мають закритий віддільник, який наповнений повітрям у відкритому стані та використовуються для монтажу у відкритих та закритих розподільчих

пристроях (у ВРП та ЗРП). Ці вимикачі, як і інше обладнання, під'єднані до загального заземленням підстанції. Вимикачі повітряні високовольтні трьохполюсні типу ВВ-500Б-31,5/2000У1 і ВВ-330Б-31,5/2000У1 призначені для включення та відключення електричних кіл у звичайних та аварійних режимах в мережах трьохфазного змінного струму з частотою 50 Гц і номінальною напругою 500 та 330 кВ.

Аналіз позначення вимикача типу ВВ-500Б-31,5/2000У1 показав, що воно розшифровується наступним чином, а саме: вимикач повітряний на номінальну напругу 500 кВ, категорії Б по довжині шляху витоку зовнішньої ізоляції, з номінальним струмом відключення 31,5 кА, з номінальним струмом 2000 А, кліматичного виконання У, категорії розміщення 1 [15].

Вимикач типу ВВ-500Б виготовляється в кліматичному виконанні У або ХЛ, вимикач ВВ-330Б – в виконанні У, категорії розміщення 1 по ГОСТ 15250-69 і 15543-70.

Вимикачі з цієї серії мають спільну стандартизовану конструкцію основних компонентів і вузлів, та можуть бути використані як для однополюсного, так і для трьохполюсного дистанційного керування. Вимикачі типу ВВ і ВВШ відрізняються за їхніми габаритами, масою, кількістю фарфорових ізоляторів в опорних колонках, числом розривів у дугогасильній камері та віддільнику.

Вимикачі з серії ВВШ є шунтуючими повітряними вимикачами. Це модернізована версія вимикачів з серії ВВН, які за своїми конструктивними та пневматичними параметрами не відрізняються від вимикачів з серії ВВ. Раніше також вироблялися вимикачі типу ВВШ-110 і ВВШ-150, але вони були зняті з виробництва і не випускалися останнім часом [14].

Основні параметри пневматичних систем вимикачів з серій ВВ і ВВШ наведено в таблиці 3.2. Номінальний тиск стисненого повітря, який використовується для активації механізмів цих вимикачів, становить 2 МПа.

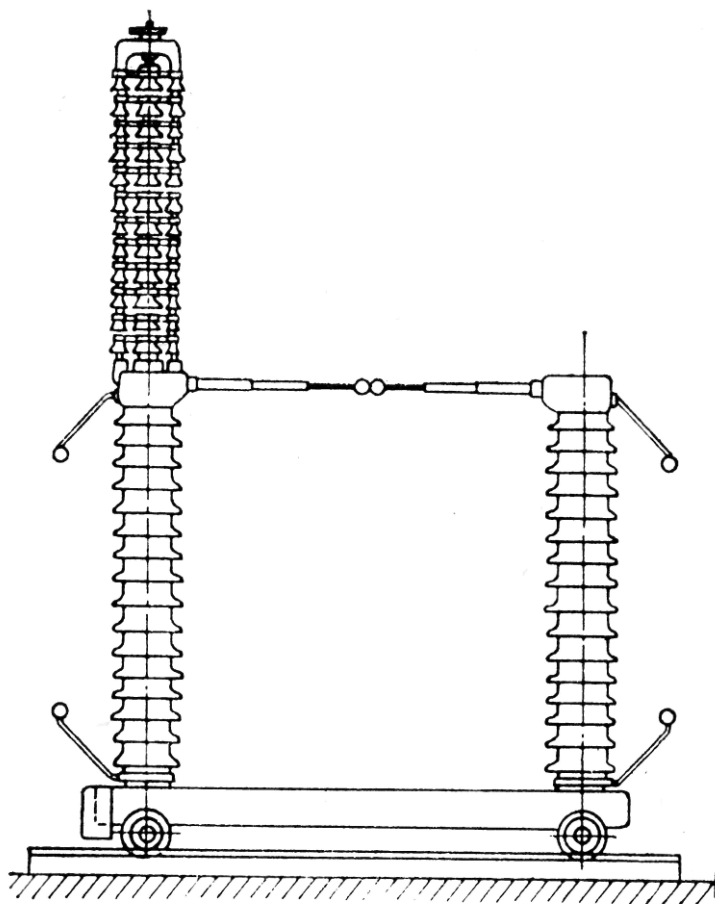


Рисунок 3.5 – Зображення загального вигляду повітряного вимикача з закритим віддільником

Кожен полюс вимикача має свою власну систему керування, що забезпечує як триполюсне, так і пофазне керування вимикачем, як у режимі експлуатації, так і в режимі автоматичного повторного ввімкнення (АПВ). Вимикач має вбудований механізм для неоперативного триполюсного місцевого керування за допомогою пневматики (для виконання налагоджувальних робіт) та систему вентиляції внутрішніх порожнин ізоляторів за допомогою стиснутого повітря.

Вимикачі цієї серії мають кілька характерних особливостей:

- а) дугогасильна камера зазвичай перебуває під атмосферним тиском і наповнюється стисненим повітрям лише в момент відключення вимикача;
- б) дугогасильні елементи розташовані один над одним;
- в) вимикачі мають віддільник, розташований всередині фарфорового

ізолятора; даний віддільник у відключеному стані наповнений стисненим повітрям;

г) передбачена система вентиляції для внутрішніх порожнин ізоляторів дугогасильних камер, яка запобігає конденсації вологи всередині ізоляторів.

Таблиця 3.2 – Основні дані пневматики вимикачів серії ВВ і ВВШ.

| Тип вимикача         | Номинальна напруга, кВ | Номинальний струм відключення, кА | Потужність підігрівача, Вт | Витрата повітря на одне відключення, дм <sup>3</sup> | Витрата повітря на одне включення, дм <sup>3</sup> | Витрата повітря на цикл АПВ, дм <sup>3</sup> | Витрата повітря на вентиляцію, дм <sup>3</sup> /год | Витрата повітря на утїчки вимикача, дм <sup>3</sup> /год | Маса вимикача, кг |
|----------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|
| ВВ-500Б-31,5/2000У1  | 500                    | 31,5                              | 800                        | 67200                                                | 2250                                               | 112000                                       | 3600                                                | 300                                                      | 43000             |
| ВВ-500Б-31,5/2000ХЛ1 | 500                    | 31,5                              | 800                        | 67200                                                | 2250                                               | 112000                                       | 3600                                                | 300                                                      | 43000             |
| ВВ-330Б-31,5/2000У1  | 330                    | 31,5                              | 800                        | 45000                                                | 1500                                               | 75000                                        | 2400                                                | 300                                                      | 31600             |
| ВВШ-150Б             | 150                    | 25                                | 800                        | 17000                                                | -                                                  | 34000                                        | 2700                                                | 460                                                      | 13400             |
| ВВШ-110Б             | 110                    | 25                                | 800                        | 17000                                                | -                                                  | 34000                                        | 2700                                                | 460                                                      | 9900              |

Вентиляція активна як у включеному, так і у відключеному стані вимикача. На рисунку 3.6 показано дві різні конструкційні схеми повітряних вимикачів для напруги 110 кВ і вище. За першою схемою (рис. 3.6, а) виготовлялися вимикачі з наповненими повітрям віддільниками, що належать до серій ВВН, та їх модифікації ВВШ. Хоча обидві серії вимикачів поки не виробляються, проте вони все ще експлуатуються на об'єктах енергетики. За другою схемою (рис. 3.6, б) та рисунком 3.8 реалізовані вимикачі бакового типу, що відносяться до серії ВВБ. Ця серія вимикачів має характеристики, які відрізняють їх від повітряних вимикачів серій ВВН і ВВШ:

- стандартизація вузлів для всіх рівнів напруги;
- можливість виконання вимикачів як опорного, так і підвісного типу (для високих напруг);
- відсутність використання порцелянових ізоляторів, які перебувають

під тиском стисненого повітря, що забезпечує їхню безпеку від вибухів;

- окреме дуття в кожному розриві, що усуває взаємний вплив сусідніх розривів під час гасіння дуги;

- вища розривна потужність.

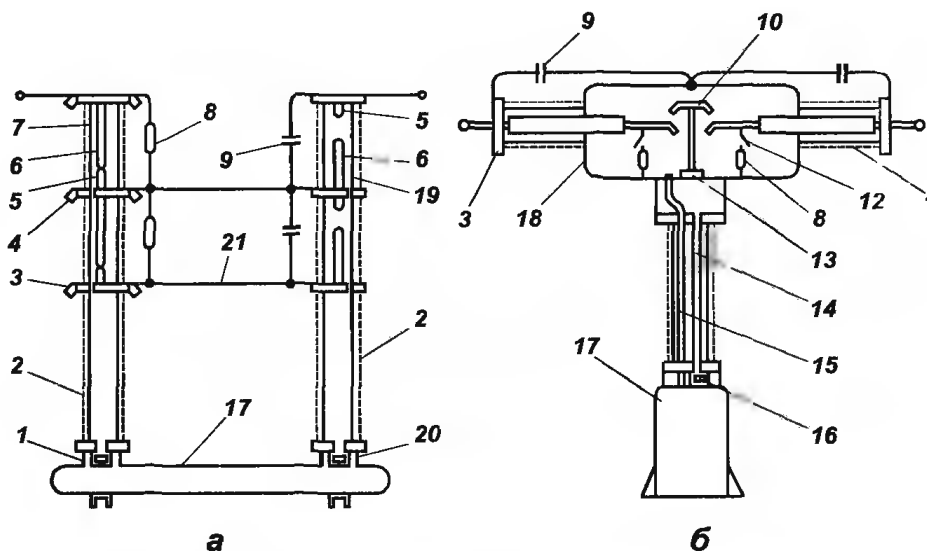


Рисунок 3.6 – Зображення принципових конструктивних схем повітряних вимикачівна 110 кВ: а) серія ВВШ (ВВН); б) серія ВВБ

Стиснене повітря, яке подається до вимикачів типу ВВН, ВВМ і ВВ, повинно відповідати вимогам заводів-виробників і мати відносну вологість не більше 50%. Кількість резервуарів на кожному полюсі вимикача визначається обсягом стисненого повітря, необхідного для проведення операцій відключення та циклу АПВ. АПВ виконується чергуванням операцій "відключення" та "включення", і може бути як успішним, так і неуспішним. У разі успішного АПВ вимикач спочатку відключається, а потім негайно включається. Якщо коротке замикання на лінії було ліквідоване, вимикач залишається увімкненим. Однак, у разі наявності стійкого короткого замикання вимикач знову відключається (неуспішне АПВ). Мінімальна тривалість безструмової паузи становить 0,3 секунди, і її можна змінювати за допомогою реле часу.

Вимикач може виконувати операції за схемою автоматичного

повторного включення з інтервалом часу, де між двома послідовними циклами "відключення - включення - відключення" може бути пауза без електричного струму до 15 хвилин. Під час цього циклу АПВ максимальний обсяг стисненого повітря миттєво використовується, знижуючи тиск у резервуарах вимикача з 2 до 1,5 МПа. В конструкції вимикача на напруги 35–220 кВ передбачено один резервуар стисненого повітря для кожного полюса. Цей резервуар діаметром 720 мм є основою полюса та кріпиться до фундаменту вимикача за допомогою опорних лап. Фундамент зазвичай складається з ряду опорних стійок із збірного залізобетону з підставками. Кожен полюс встановлюється на окремий фундамент, причому відстань між ними залежить від класу напруги вимикача.

Вимикачі для напруги 330 і 500 кВ мають по два резервуари в кожному полюсі, кожен з яких встановлюється на свій власний стійку-фундамент. Кожен полюс вимикача типу ВВ-500Б-31,5 обладнаний двома резервуарами стисненого повітря, які є основою полюса. На цих резервуарах розташовані два полюси, з'єднані між собою пневматично. Усередині одного з резервуарів розташована шафа управління полюсом. На протилежній стороні від вихлопу стисненого повітря від вимикача встановлюється розподільча шафа вимикача 1.

На базі полюса вимикача розташовані наступні компоненти: опорна стійка, клапани для подачі повітря, гасильні камери та наповнений повітрям віддільник. Опорна стійка номер 7 (рис. 3.7) ізолює струмопровідний контур відносно землі і служить для живлення гасильних пристроїв вимикача стисненим повітрям із резервуарів. Клапани для подачі повітря номери 2 і 10 (рис. 3.7) відповідають за направлення стисненого повітря з резервуару до гасильної камери і віддільника вимикача. На кожному з цих клапанів розміщено зворотний клапан, що запобігає виходу стисненого повітря з простору, пов'язаного з віддільником, у відключеному стані вимикача.



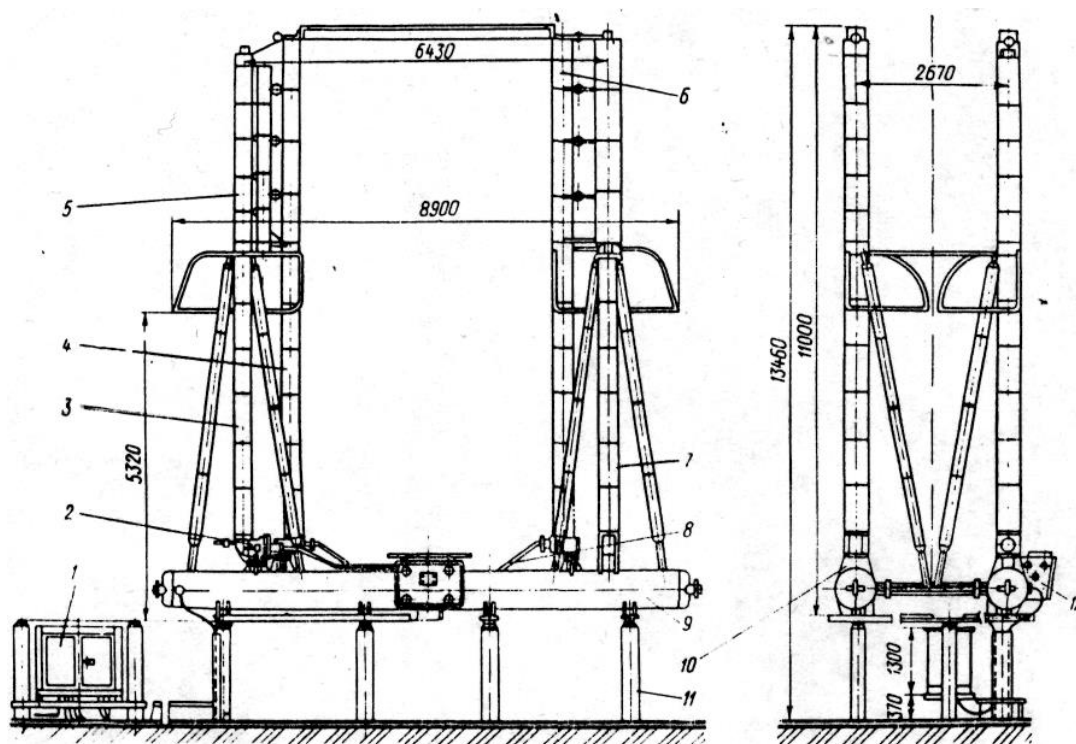


Рисунок 3.7 – Зображення установки повітряного вимикача серії  
BB-500Б - 1.5/2000У1

### 3.4 Аналіз умов застосування повітряних вимикачів бакового типу

Повітряні вимикачі бакового типу застосовуються у системах з напругою 110-1150 кВ. Їх конструкції відрізняються в залежності від значень напруги, включаючи різну кількість дугогасильних камер (ДК) і камер повітряно-наповненого віддільника. Вимикачі бакового типу серій ВВБ, ВВД і ВНВ призначені для включення та відключення ЛЕП з приєднаним обладнанням змінного струму як у звичайних, так і у аварійних умовах. Ці вимикачі мають наступні характеристики, за рахунок яких вони відрізняються від повітряних вимикачів серій ВВ і ВВШ [13, 15]:

1. Повна уніфікація вузлів на всі класи напруг;
2. Відсутність використання фарфорових ізоляторів, які можуть знаходитися тимчасово або постійно під тиском стисненого повітря, що створює ризик вибуху та забезпечує безпеку персоналу на підстанції.

3. Захист основних механізмів від впливу атмосферних опадів та пилу.
4. Незалежне, симетричне дугтя у кожному розриві, що забезпечує відсутність взаємного впливу між сусідніми розривами під час гасіння дуги.
5. Зменшення обсягу повітря, необхідного для виконання операції відключення вимикача.
6. Підвищення розривної потужності за рахунок збільшення кількості дугогасильних пристроїв на кожному полюсі.
7. Можливість встановлення вимикача як на опорі, так і у підвісному варіанті виконання для високовольтних мереж.

Для гасіння дуги в цих вимикачах використовується повітря з тиском 2 МПа.

В усіх вимикачах стиснене повітря з заземленого резервуара подається в дугогасильну камеру по ізолюваному повітропроводу або внутрішній порожнині ізолятора, довжина якого залежить від номінальної напруги вимикача. Час заповнення камери повітрям залежить від тиску повітря в резервуарі і від довжини повітропроводу. В вимикачах 35 і 110 кВ цей час складає 0,003-0,005 с, в вимикачах 150-220 кВ – 0,007-0,01 с, в вимикачах 330-550 кВ – 0,013-0,014 с. Збільшення часу заповнення камери збільшує власний час вимкнення вимикача, при цьому погіршується основний показник повітряного вимикача – його швидкодія. Основними серіями повітряних вимикачів, які знайшли широке застосування в схемах розподільних пристроїв електричних станцій та підстанцій, є вимикачі типів ВВБ, ВВБК та ВВН [13].

Вимикачі серії ВВБ (рис. 3.8) мають власний резервуар стисненого повітря, ізолюваний від землі, в якому розташована контактна система вимикача. Це призводить до швидшого вимкнення цих вимикачів високої напруги, порівняно з вимикачами серії ВВ. Тиск повітря у гасильній камері вимикачів ВВ у момент гасіння дуги зазвичай складає близько половини номінального, оскільки при постійному поданні з резервуара в камеру тиск поступово зменшується. У вимикачах ВВБ тиск повітря до моменту гасіння залишається на рівні номінального, тому ці вимикачі мають велику

потужність вимкнення. Позначення серії розшифровується таким чином: повітряний вимикач бакового типу. Перше число в позначенні вимикача, що зазначене після цих літер, вказує, яке значення номінальної напруги вимикача, кВ; друге число – це номінальний струм відключення, кА; третє число – це номінальний струм, (А). Біля числа, що вказує напругу, можуть бути літери, які позначають спеціальне виконання вимикача, наприклад: літера «У» - посилене по швидкості відновлюючої напруги; літера «А» - морозостійке, літера «Б» – з ізоляцією категорії Б, літери «ХЛ» – холодостійке з температурою  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  [15].

Для вимикачів ВВБТ кліматичні фактори регламентуються ГОСТ 15150 – 69 і 15543 – 70 для кліматичного виконання Т категорії 1 (робота на відкритому повітрі в умовах тропічного клімату при робочій температурі навколишнього середовища від  $-10$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  і відносній вологості до 100% при температурі  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Повітрі вимикачі серії ВВБ призначені для роботи в розподільчих пристроях напругою 35 – 750 кВ змінного струму частотою 50 Гц.

Вимикачі відповідають сучасним вимогам в відношенні надійності роботи в режимах, можливих в наддалеких лініях електропередачі.

Вимикачі нормального виконання призначені для роботи на висоті до 1000 м над рівнем моря при температурі зовнішнього середовища від  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (середньодобова температура не вище  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) з епізодичним пониженням до  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Вимикачі в спеціальному (морозостійкому) виконанні мають посилену ізоляцію і назначені для роботи при температурі зовнішнього середовища від  $-55$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$  (середньодобова температура не вище  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); вимикачі категорії Б використовуються на підстанціях, де спостерігається підвищена запиленості, наявність хімічних зв'язків або великий вміст солі в повітрі. Для цих умов необхідні апарати з підвищеною ізоляцією; вони відрізняються від інших апаратів тільки довжиною шляху витоку по поверхні ізоляції.

В вимикачах серії ВВБ для гасіння дуги і приведення в дію механізмів

використовується стиснене повітря з номінальним тиском 2,0 і 2,6 МПа (ВВБ-750-40/3200У1) [13, 15].

Вимикачі даної серії різних класів напруги відрізняються між собою за розмірами, кількістю дугогасильних камер, класом ємнісних дільників напруги і типом опорної ізоляції. У полюсі повітряних вимикачів напругою 35 і 110 кВ є одна металева ДК. У полюсі вимикача 220 кВ є дві дугогасильні камери (ДК), які з'єднані послідовно. Вимикачі напругою 35, 110 і 220 кВ комплектуються однією розподільною шафою типу ШРАМ (розподільна шафа зовнішньої установки модернізована) на всі три полюси.

Полюси вимикачів напругою 330, 500 і 750 кВ складаються відповідно з двох, трьох і чотирьох однотипних елементів. Кожен елемент містить дві дугогасильні камери, розділені проміжним ізолятором. Камери вимикачів напругою 330, 500 і 750 кВ відрізняються від камер вимикачів напругою 110 і 220 кВ (рис. 3.8) відсутністю шунтуючих опорів і допоміжних контактів.

Також, елементи кожного полюса вимикачів напругою 330, 500 і 750 кВ обладнані полюсними розподільчими шафами типу ШРАМ або ШР. Дані розподільчі шафи електрично пов'язані між собою спільною шафою типу ШКЗ (шафа клемних збірок).

Основні характеристики вимикачів серії ВВБ та аналогічних їм вимикачів серії ВВУ і ВВД наведені в таблиці 3.1. Вимикачі серії ВВД відрізняються від вимикачів типу ВВБ більш високим значенням номінального тиску, який становить 2,6 МПа.

На сьогодні, вимикачі серії ВВБ модернізовано. Нові вимикачі типів ВВБК працюють при тиску повітря 4 МПа, а в камері гасіння дуги крім основного дугтя, як і в серії ВВБ, існує додаткове дугтя через нерухомі контакти з продуванням продуктів горіння через струмоведучі стержні вводів. Це дозволило збільшити струм вимкнення вимикача до 50-56 кА, а кількість модулів зменшити: на 330 кВ замість чотирьох модулів ВВБ в серії вимикача ВВБК застосовують два модулі, на 500 кВ замість шести модулів - 4, на 750 кВ замість восьми - 6.

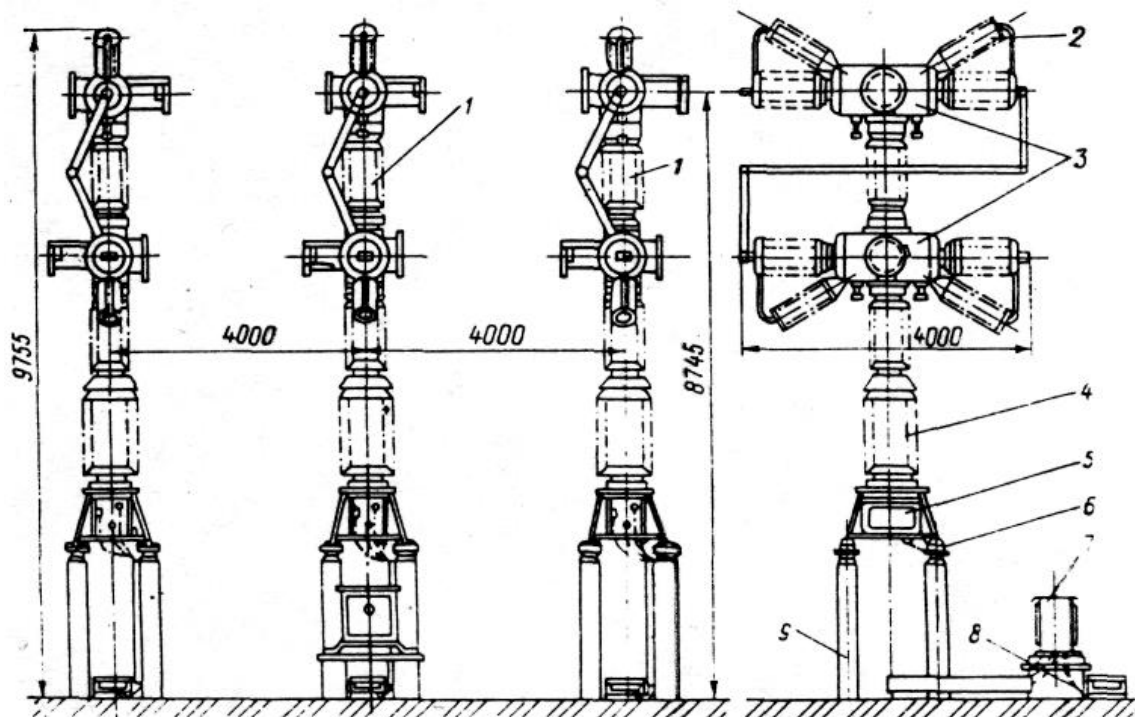


Рисунок 3.8 – Зображення установки повітряного вимикача серії ВВБ-220-31,5

Позначення вимикачів серії ВВБК розшифровується наступним чином: вимикач повітряний баковий, крупномодульний. Перше число, що слідує за буква, позначає номінальну напругу вимикача, кВ; друге число – номінальний струм відключення, кА; далі слідує номінальний струм, А. Після числа, що позначає напругу, можуть стояти букви, що вказують на спеціальне виконання вимикача, наприклад Б – категорія по довжині шляху витoku зовнішньої ізоляції (ГОСТ 9920 - 75), У1 – кліматичне виконання і категорія розміщення вимикача [13, 15].

Наприклад, тип вимикача ВВБК – 330Б – 40/3200У1 розшифровується таким чином: повітряний вимикач з металічною ДК – і баком, крупно модульного типу, напругою 330 кВ, категорії Б, на номінальний струм 3200 А, виконання У, категорії розміщення 1.

На рисунку 3.9 показано вимикач ВВБК – 500 – 50/3200У1, який складається із трьох полюсів, трьох розподільних шаф типу ШР і шафи клемних збірок. Вимикач має дворозривні дугогасильні пристрої, поміщені в

металічні резервуари. Дугогасильний пристрій містить пристрій основного дуття і два пристрої додаткового дуття. Одна частина елементів приводиться в дію стисненим повітрям за допомогою індивідуальних поршневих пристроїв, а друга частина – загальним пневматичним приводом.

Резервуари постійно заповнені стисненим повітрям і знаходяться під високим потенціалом. Напруга підводиться до дугогасильних пристроїв через епоксидні вводи, захищені ззовні фарфоровими покриттями. Подільні конденсатори призначені для вирівнювання напруги по розривах в відключеному положенні вимикача.

### **3.5 Аналіз умов застосування повітряних вимикачів генераторної напруги**

Повітряні вимикачі серії ВВГ-20 використовується для встановлення в колах потужних генераторів і розрахований на струм до 20000 А (рис. 3.10).

Головний струмоведучий контур складається з контактних виводів 4 і роз'єднувача 5. Дугогасильний контур складається з двох камер 3 і 8, резисторів 2 та віддільника 9. Послідовно з резистором 2 другої камери ввімкнена допоміжна камера 6 із своїм резистором 7 та іскровим проміжком. У ввімкненому положенні основна частина струму проходить по головному контуру.

Вимикання відбувається в такому порядку: розмикаються контакти роз'єднувача 5 і весь струм переходить в дугогасильний контур, де розмикаються дугогасильні контакти в камерах 3 і 8. До цього в камери подається стиснене повітря (2 МПа), створюючи поздовжнє дуття, в результаті чого дуга гасне через 0,01 с. Струм, який проходить через резистори 2, розривається контактами допоміжної камери 6.

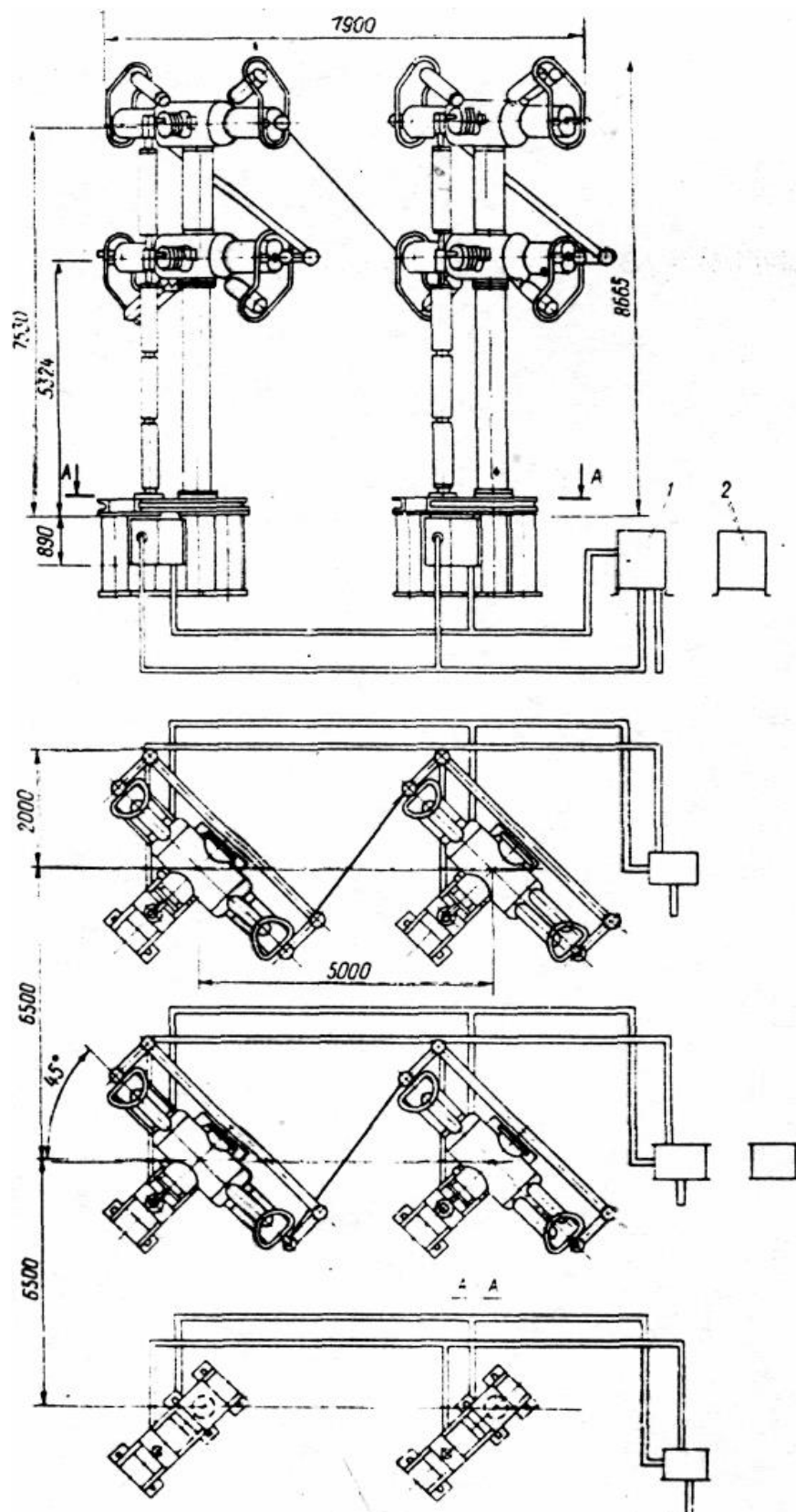


Рисунок 3.9 – Загальний вигляд повітряного вимикача ВВБК-500-50/3200У1:

1 – розподільча шафа; 2 – шафа клемних збірок

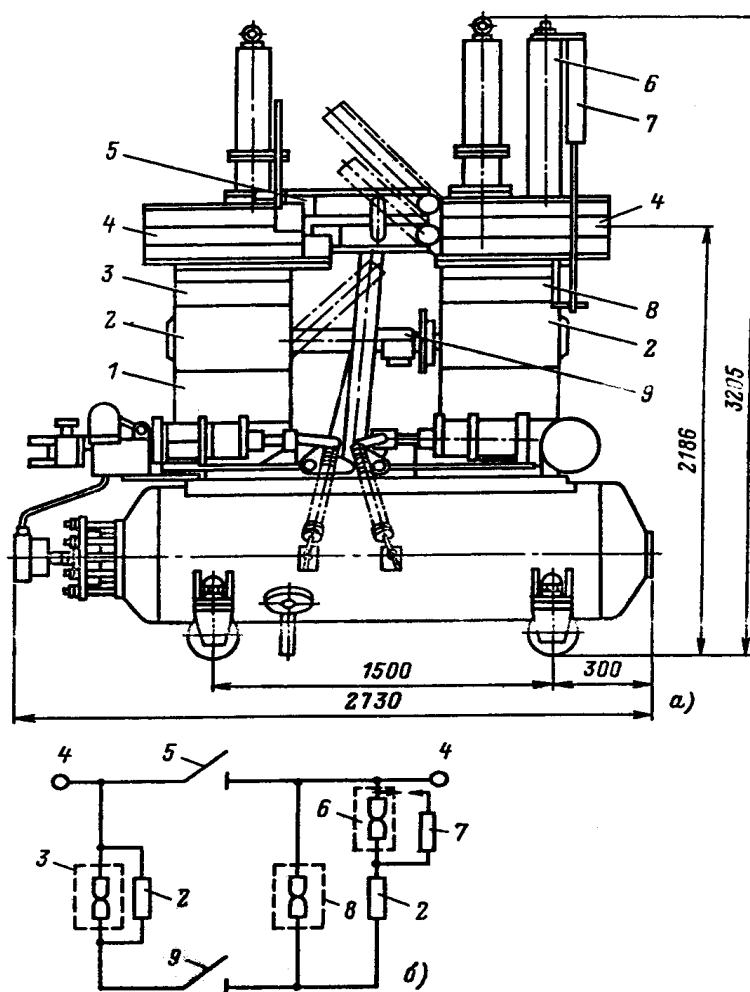


Рисунок 3.10 – Зображення повітряного вимикача серії BBГ-20:

а) загальний вигляд, б) схема електрична функціональна

При цьому можливі 2 випадки. Якщо вимикач вимикає великий струм КЗ, а реактивний опір кола значно менший активного опору шунтувальних резисторів 2, то швидкість відновлювальної напруги на контактах допоміжної камери велика. В цьому випадку після гасіння дуги на контактах камери 6 пробивається іскровий проміжок і паралельно контактам вмикається шунтувальний резистор 7. При подальшому переході струму через нуль, дуга на іскровому проміжку гаситься потоком стисненого повітря.

Останнім вимикається ніж віддільника, створюючи остаточний розрив електричного кола. Після вимкнення віддільника переривається подавання повітря в камери 3 і 8, і рухомі контакти під дією пружини вертаються у



ввімкнене положення. Повний час вимкнення такого вимикача не перевищує 0,17 с. При вмиканні вимикача замикається спочатку ніж віддільника 9, а потім ніж роз'єднувача 5. Гасильні камери та резистори закріплені на опорних ізоляторах 1.

Виконання операцій увімкнення та вимкнення і послідовність роботи окремих вузлів вимикача забезпечується пневматичною системою керування полюсом. Розглянутий вимикач не використовується для виконання операцій АПУ.

В колах генераторів знаходять застосування спеціальні вимикачі навантаження типу ВНСГ номінальною напругою  $U_{\text{ном}} = 15$  кВ. Такі вимикачі розраховані на увімкнення генераторів при самосинхронізації ( $i_{\text{вкл}} = 115$  кА) і витримують великі наскрізні струми КЗ ( $i_{\text{пр,с}} = 480$  кА). Таким вимикачем можна вмикати і вимикати генератор під навантаженням ( $I_{\text{ном}} = 12000$  А), а також вимикати струми коротких замикань до 31,5 кА. Вимикач ВНСГ компактно встановлюється в комплектний струмопровід генераторного розподільного пристрою. Гасіння дуги здійснюється стисненням повітрям під тиском 0,6 МПа.

### **3.6 Аналіз переваг і недоліків застосування повітряних вимикачів**

Повітряні вимикачі мають наступні переваги застосування:

- підвищена безпека та захищеність від вибухів та пожеж.
- швидка реакція та можливість проведення швидких автоматичних вимкнень.
- висока вимикальна здатність.
- надійне та ефективне вимкнення ємнісних струмів у лініях.
- мінімальне зношування контактів у дугогасильних камерах.
- легкий доступ до дугогасильних камер.
- можливість створення серій за допомогою стандартних компонентів для високих класів напруг.
- придатність для установки як ззовні, так і всередині.

Недоліками застосування повітряних вимикачів являються:

- необхідність наявної компресорної станції;
- складна конструкція окремих деталей та компонент вимикачів;
- відносно висока вартість;
- неможливість встановлення вбудованих трансформаторів струму.

#### 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У попередніх розділах було виконано розрахунки з вибору оптимального варіанту розвитку електричної мережі 110 кВ, вибору головних схем вузлової та споживальних підстанцій, вибору основного обладнання підстанцій та електричних мереж, аналізу режиму максимальних навантажень та розробки заходів щодо забезпечення якості напруги в ЕМ. За рахунок вказаних дій було накопичено достатньо інформації для аналізу економічної ефективності проекту розвитку електричної мережі в цілому.

На сьогодні для оцінки економічної ефективності проекту в енергетичній галузі застосовують показник рентабельності капіталовкладень, який з урахуванням того, що проект передбачає будівництво енергооб'єктів протягом трьох років набуває вигляду [26, 27]:

$$E'_a = \frac{\Delta\Pi_1 / (1+E) + \Delta\Pi_2 / (1+E)^2 + \Delta\Pi_3 / (1+E)^3}{K_1 / (1+E) + K_2 / (1+E)^2 + K_3 / (1+E)^3}, \quad (4.1)$$

де  $K_t$  – капіталовкладення в  $t$ -ий рік, тис.грн;  $E = E_{ан} = 0,2$  – банківський відсоток по вкладах (у відносних одиницях);  $\Delta\Pi_t = \Pi_{t+1} - \Pi_t$  – зміна прибутку в наступному  $t+1$  році порівняно з роком  $t$ , тис. грн.

Значення  $\Pi_t$  для кожного року визначаються за формулою [26]:

$$\Pi_t = \Pi_T \gamma W_t - B_t, \quad (4.2)$$

де:  $\Pi_T$  – середньозважений тариф на електроенергію в даній енергосистемі (без прибутку з обороту),  $\Pi_T = 2,65$  грн/кВт×год;  $\gamma$  – частка вартості реалізації електроенергії, що припадає на електричну мережу (для ЕМ 110 кВ  $\gamma = 0.12$  [12]);  $W_t$  – додаткове надходження електроенергії в мережу, зумовлене спорудженням електромережевого об'єкта, МВт×год;  $B$  – додаткові щорічні

витрати на експлуатацію мережі (собівартість передавання електроенергії), тис. грн.

Щорічні експлуатаційні витрати визначаються таким чином:

$$B_t = 0.033 \cdot K_t + \Delta W_t \cdot c, \quad (4.3)$$

де  $K_t$  – капітальні вкладення, тис. грн.;  $c$  – вартість 1 кВт·год. втраченої потужності;  $\Delta W_t$  – втрати електроенергії в мережі, кВт·год:

$$\Delta W_t = \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i}{U_H \cdot \cos \varphi} \right)^2 \cdot r_{0i} \cdot \Delta L_i \cdot \tau; \quad (4.4)$$

де  $P_i$  – активна потужність, що передається по  $i$ -ій лінії, МВт;  $U_H$  – номінальна напруга мережі, кВ (приймаємо рівною напрузі попередньо існуючої мережі, тобто  $U_H = 110$  кВ);  $r_{0i}$  – питомий опір проводу  $i$ -ої ЛЕП, Ом/км;  $\tau$  – час максимальних втрат (3633 год);  $\Delta L_i$  – довжина  $i$ -ої лінії, км.

Даний розрахунок можна замінити за допомогою використання ПК «ВТРАТИ», а саме, використовуючи схему до та на кожному етапі (році) її розвитку. Порівнюючи отримані дані, за кожним кроком зміни, знайдемо  $\Delta W_t$ .

Одноразові капітальні витрати складаються з двох складових:

$$K = K_{П/СТ} + K_{ЛЕП}; \quad (4.5)$$

де  $K_{П/СТ}$  – одночасні капітальні вкладення на спорудження підстанцій, тис. грн.;

$K_{ЛЕП}$  – одноразові капітальні витрати на спорудження ліній електропередачі, тис. грн.

Збільшення навантаження, що було визначено в результаті проведення розрахунку по прогнозу навантаження на наступний період не призвів до необхідності збільшення потужності трансформаторів.

У відповідності з остаточним варіантом розвитку електричної мережі планується будівництво наступних енергетичних об'єктів.

***На першому році:***

- будівництво ліній електропередач: Бершадь (вузол 9) – 901 та 903 – Чечельник (вузол 8);
- спорудження споживальних підстанцій 110/10 кВ у пунктах 901, 903;
- розвиток відгалужувальної підстанції пункту Бершадь (вузол 9).

***На другому році:***

- будівництво ліній електропередач: 901-902 та 902-903;
- спорудження споживальної підстанції 110/10 кВ у пункті 902;
- спорудження відгалужувальної опори в від ПЛ «Сумівка - Чечельник».

Таблиця 4.1 – Вартість будівництва підстанції (вузол 901)

| Ч.ч.<br>згідно<br>з таб-<br>лицею<br>6.1 | Вузол ПС                                                                                      | Кіль-<br>кість | Будівель-<br>ні роботи | Облад-<br>нання  | Інші<br>витрати | Проект-<br>ні<br>роботи | Експер-<br>тиза<br>проекту | Загальна<br>кошторис-<br>на вартість | Орієн-<br>товна<br>площа,<br>зайнята<br>облад-<br>нанням,<br>м <sup>2</sup> |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | 2                                                                                             | 3              | 4                      | 5                | 6               | 7                       | 8                          | 9                                    | 10                                                                          |
| <b>1</b>                                 | <b>Установлення<br/>силових<br/>трансформаторів<br/>напругою,<br/>потужністю:</b>             |                |                        |                  |                 |                         |                            |                                      |                                                                             |
| 1.7                                      | 110/10 кВ,<br>10 В×А                                                                          | 2 од.          | 602,532                | 17350,130        | 573,722         | 473,808                 | 4,028                      | 19004,222                            | 190                                                                         |
| <b>2</b>                                 | <b>Вузли ВРУ 110 кВ:</b>                                                                      |                |                        |                  |                 |                         |                            |                                      |                                                                             |
| 2.1                                      | Приєднання 110 кВ<br>силового<br>трансформа-<br>тора без вимикача                             | 2 од.          | 87,512                 | 2613,394         | 110,570         | 72,410                  | 2,138                      | 2886,024                             | 260,0                                                                       |
| 2.5                                      | Приєднання лінії<br>110 кВ<br>з вимикачем із<br>вбудованими<br>трансфор-<br>маторами струму   | 2 од.          | 373,308                | 5490,524         | 229,936         | 159,800                 | 2,482                      | 6256,048                             | 410,0                                                                       |
| 2.8                                      | Приєднання<br>секційного<br>вимикача 110 кВ із<br>вбудованими<br>трансфор-<br>маторами струму | 1 од.          | 74,910                 | 2709,418         | 111,311         | 74,287                  | 1,216                      | 2971,142                             | 125,0                                                                       |
| 2.9                                      | Приєднання<br>трансформа-<br>тора напруги 110<br>кВ                                           | 2 од.          | 76,148                 | 2044,102         | 117,386         | 58,220                  | 2,088                      | 2297,948                             | 144,0                                                                       |
| 2.12                                     | Приєднання<br>ремонтної<br>перемички 110кВ                                                    | 1 од.          | 54,027                 | 287,744          | 24,915          | 10,315                  | 1,000                      | 378,001                              | 125,0                                                                       |
|                                          | <b>Всього ВРУ 110 кВ</b>                                                                      |                | <b>665,909</b>         | <b>13145,182</b> | <b>594,118</b>  | <b>375,032</b>          | <b>8,924</b>               | <b>14789,163</b>                     | <b>1064,0</b>                                                               |

Продовження табл. 4.1 – Вартість будівництва підстанції (вузол 901)

| 1                       | 2                                                                    | 3       | 4              | 5               | 6              | 7              | 8            | 9               | 10           |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|--------------|
| <b>3</b>                | <b>Вузли обладнання 10 кВ:</b>                                       |         |                |                 |                |                |              |                 |              |
| 3.1                     | ЗРУ 10 кВ ПС 110/10 кВ:                                              |         |                |                 |                |                |              |                 |              |
| 3.1.1                   | Камера 10 кВ вводу від силового трансформатора з вакуумним вимикачем | 2 од.   | 77,232         | 881,914         | 23,810         | 25,838         | 2,000        | 1010,794        | 13,8         |
| 3.1.2                   | Камера секційного вакуумного вимикача 10 кВ                          | 1 од.   | 38,616         | 421,721         | 11,364         | 12,424         | 1,000        | 485,124         | 6,9          |
| 3.1.3                   | Камера секційного роз'єднувача 10 кВ                                 | 1 од.   | 38,616         | 294,832         | 7,960          | 9,162          | 1,000        | 351,570         | 6,9          |
| 3.1.4                   | Камера лінії 10 кВ з вакуумним вимикачем                             | 9 од.   | 347,544        | 3104,793        | 83,826         | 94,068         | 9,0          | 3639,23         | 62,1         |
| 3.1.5                   | Камера з трансформаторами напруги 10 кВ                              | 4 од.   | 154,464        | 551,472         | 25,688         | 20,952         | 4,000        | 756,576         | 27,6         |
| 3.1.6                   | Камери з іншим обладнанням 10 кВ                                     | 2 од.   | 77,232         | 309,232         | 12,104         | 10,184         | 2,000        | 410,752         | 9,0          |
| <b>Всього ЗРУ 10 кВ</b> |                                                                      |         | <b>733,704</b> | <b>5563,964</b> | <b>164,752</b> | <b>172,628</b> | <b>19,0</b>  | <b>6654,046</b> | <b>126,3</b> |
| 3.2                     | Трансформатор власних потреб зовнішнього установлення потужністю:    |         |                |                 |                |                |              |                 |              |
| 3.2.1                   | 250 кВ·А                                                             | 2 од.   | 27,244         | 503,940         | 23,946         | 14,496         | 2,000        | 571,626         | 32,0         |
| 3.3                     | Заземлювальний реактор 10 кВ                                         | 2 компл | 108,180        | 1592,330        | 79,152         | 46,852         | 2,026        | 1828,540        | 52,0         |
| <b>Всього</b>           |                                                                      |         | <b>135,424</b> | <b>2096,270</b> | <b>103,098</b> | <b>61,348</b>  | <b>4,026</b> | <b>2400,166</b> | <b>84,0</b>  |

Продовження табл. 4.1 – Вартість будівництва підстанції (вузол 901)

| 1      | 2                                                                                                               | 3          | 4       | 5        | 6      | 7      | 8     | 9        | 10   |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------|----------|--------|--------|-------|----------|------|
| 5      | <b>ЗПК:</b>                                                                                                     |            |         |          |        |        |       |          |      |
| 5.1    | <b>ЗПК ПС 110/10 кВ</b>                                                                                         |            |         |          |        |        |       |          |      |
| 5.1.1  | Панелі керування,<br>ДЗТ,<br>резервного захисту<br>та<br>РПН силового<br>трансфор-<br>матора (чотири<br>панелі) | 2<br>компл | 481,046 | 1524,364 | 88,638 | 60,856 | 2,088 | 2156,992 | 96,0 |
| 5.1.2  | Панелі ДФЗ і<br>резервного<br>захисту лінії 110 кВ з<br>вимикачем (дві<br>панелі)                               | 2<br>компл | 274,882 | 1649,252 | 85,910 | 55,364 | 2,064 | 2067,472 | 48,0 |
| 5.1.3  | Панелі секційного<br>вимикача 110 кВ<br>(одна<br>панель)                                                        | 1 од.      | 68,721  | 559,852  | 21,513 | 17,472 | 1,000 | 668,558  | 24,0 |
| 5.1.4  | Панель<br>трансформаторів<br>напруги 110 кВ (одна<br>панель на дві секції<br>110 кВ)                            | 1 од.      | 68,721  | 386,946  | 8,085  | 11,081 | 1,000 | 475,833  | 12,0 |
| 5.1.8  | Панелі введів 10 кВ<br>та<br>секційного вимикача<br>10<br>кВ (одна панель на<br>два<br>вводи)                   | 1 од.      | 137,441 | 347,406  | 21,315 | 14,343 | 1,000 | 521,505  | 24,0 |
| 5.1.9  | Панелі керування та<br>захисту<br>заземлювального<br>реактора (одна<br>панель на<br>дві секції 10 кВ)           | 1 од.      | 68,721  | 412,888  | 21,485 | 13,855 | 1,000 | 517,950  | 12,0 |
| 5.1.10 | Шафа оперативного<br>постійного струму<br>(ШОТ)                                                                 | 1 од.      | 66,801  | 680,462  | 33,562 | 20,854 | 1,002 | 802,681  | 12,0 |
| 5.1.11 | Шафи з<br>низьковольтною<br>апаратурою (три<br>шафи)                                                            | 1<br>компл | 199,382 | 726,488  | 41,034 | 27,729 | 1,032 | 995,664  | 36,0 |



Продовження табл. 4.1 – Вартість будівництва підстанції (вузол 901)

| 1                                   | 2                                                                                                                                                                               | 3 | 4                 | 5               | 6              | 7              | 8             | 9               | 10           |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|--------------|
| 5.1.12                              | Інші панелі загального користування (центральної сигналізації, керування шинними апаратами 110-10 кВ, автоматики вимикачів 110 кВ, ПРВВ, торцеві панелі – всього чотири панелі) |   |                   |                 |                |                |               |                 |              |
| <b>Всього ЗПК</b>                   |                                                                                                                                                                                 |   | <b>1365,716</b>   | <b>6287,658</b> | <b>321,541</b> | <b>221,555</b> | <b>10,184</b> | <b>8206,655</b> | <b>264,0</b> |
| <b>Загальна кошторисна вартість</b> |                                                                                                                                                                                 |   | <b>51 054,247</b> |                 |                |                |               |                 |              |

Таблиця 4.2 – Вартість будівництва підстанції (вузол 903)

| Ч.ч.<br>згідно<br>з таб-<br>лицею<br>6.1 | Вузол ПС                                                                   | Кіль-<br>кість | Будівель-<br>ні роботи | Облад-<br>нання | Інші<br>витрати | Проект-<br>ні<br>роботи | Експер-<br>тиза<br>проекту | Загальна<br>кошторис-<br>на<br>вартість | Орієн-<br>товна<br>площа,<br>зайнята<br>облад-<br>нанням,<br>м <sup>2</sup> |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | 2                                                                          | 3              | 4                      | 5               | 6               | 7                       | 8                          | 9                                       | 10                                                                          |
| <b>1</b>                                 | <b>Установлення силових трансформаторів напругою, потужністю:</b>          |                |                        |                 |                 |                         |                            |                                         |                                                                             |
| 1.7                                      | 110/10 кВ,<br>10 В×А                                                       | 2 од.          | 602,532                | 17350,130       | 573,722         | 473,808                 | 4,028                      | 19004,222                               | 190                                                                         |
| <b>2</b>                                 | <b>Вузли ВРУ 110 кВ:</b>                                                   |                |                        |                 |                 |                         |                            |                                         |                                                                             |
| 2.1                                      | Приєднання 110 кВ силового трансформатора без вимикача                     | 2 од.          | 87,512                 | 2613,394        | 110,570         | 72,410                  | 2,138                      | 2886,024                                | 260,0                                                                       |
| 2.5                                      | Приєднання лінії 110 кВ з вимикачем із вбудованими трансформаторами струму | 2 од.          | 373,308                | 5490,524        | 229,936         | 159,800                 | 2,482                      | 6256,048                                | 410,0                                                                       |

Продовження табл. 4.2 – Вартість будівництва підстанції (вузол 903)

| 1                       | 2                                                                            | 3     | 4              | 5                | 6              | 7              | 8            | 9                | 10            |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------|------------------|----------------|----------------|--------------|------------------|---------------|
| 2.8                     | Приєднання секційного вимикача 110 кВ із вбудованими трансформаторами струму | 1 од. | 74,910         | 2709,418         | 111,311        | 74,287         | 1,216        | 2971,142         | 125,0         |
| 2.9                     | Приєднання трансформатора напруги 110 кВ                                     | 2 од. | 76,148         | 2044,102         | 117,386        | 58,220         | 2,088        | 2297,948         | 144,0         |
| 2.12                    | Приєднання ремонтної перемички 110кВ                                         | 1 од. | 54,027         | 287,744          | 24,915         | 10,315         | 1,000        | 378,001          | 125,0         |
|                         | <b>Всього ВРУ 110 кВ</b>                                                     |       | <b>665,909</b> | <b>13145,182</b> | <b>594,118</b> | <b>375,032</b> | <b>8,924</b> | <b>14789,163</b> | <b>1064,0</b> |
| <b>3</b>                | <b>Вузли обладнання 10 кВ:</b>                                               |       |                |                  |                |                |              |                  |               |
| 3.1                     | ЗРУ 10 кВ ПС 110/10 кВ:                                                      |       |                |                  |                |                |              |                  |               |
| 3.1.1                   | Камера 10 кВ вводу від силового трансформатора з вакуумним вимикачем         | 2 од. | 77,232         | 881,914          | 23,810         | 25,838         | 2,000        | 1010,794         | 13,8          |
| 3.1.2                   | Камера секційного вакуумного вимикача 10 кВ                                  | 1 од. | 38,616         | 421,721          | 11,364         | 12,424         | 1,000        | 485,124          | 6,9           |
| 3.1.3                   | Камера секційного роз'єднувача 10 кВ                                         | 1 од. | 38,616         | 294,832          | 7,960          | 9,162          | 1,000        | 351,570          | 6,9           |
| 3.1.4                   | Камера лінії 10 кВ з вакуумним вимикачем                                     | 9 од. | 347,544        | 3104,793         | 83,826         | 94,068         | 9,0          | 3639,23          | 62,1          |
| 3.1.5                   | Камера з трансформаторами напруги 10 кВ                                      | 4 од. | 154,464        | 551,472          | 25,688         | 20,952         | 4,000        | 756,576          | 27,6          |
| 3.1.6                   | Камери з іншим обладнанням 10 кВ                                             | 2 од. | 77,232         | 309,232          | 12,104         | 10,184         | 2,000        | 410,752          | 9,0           |
| <b>Всього ЗРУ 10 кВ</b> |                                                                              |       | <b>733,704</b> | <b>5563,964</b>  | <b>164,752</b> | <b>172,628</b> | <b>19,0</b>  | <b>6654,046</b>  | <b>126,3</b>  |

Продовження табл. 4.2 – Вартість будівництва підстанції (вузол 903)

| 1             | 2                                                                                        | 3       | 4              | 5               | 6              | 7             | 8            | 9               | 10          |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|-----------------|-------------|
| 3.2           | Трансформатор власних потреб зовнішнього установалення потужністю:                       |         |                |                 |                |               |              |                 |             |
| 3.2.1         | 250 кВ·А                                                                                 | 2 од.   | 27,244         | 503,940         | 23,946         | 14,496        | 2,000        | 571,626         | 32,0        |
| 3.3           | Заземлювальний реактор 10 кВ                                                             | 2 компл | 108,180        | 1592,330        | 79,152         | 46,852        | 2,026        | 1828,540        | 52,0        |
| <b>Всього</b> |                                                                                          |         | <b>135,424</b> | <b>2096,270</b> | <b>103,098</b> | <b>61,348</b> | <b>4,026</b> | <b>2400,166</b> | <b>84,0</b> |
| 5             | <b>ЗПК:</b>                                                                              |         |                |                 |                |               |              |                 |             |
| 5.1           | ЗПК ПС 110/10 кВ                                                                         |         |                |                 |                |               |              |                 |             |
| 5.1.1         | Панелі керування, ДЗТ, резервного захисту та РПН силового трансформатора (чотири панелі) | 2 компл | 481,046        | 1524,364        | 88,638         | 60,856        | 2,088        | 2156,992        | 96,0        |
| 5.1.2         | Панелі ДФЗ і резервного захисту лінії 110 кВ з вимикачем (дві панелі)                    | 2 компл | 274,882        | 1649,252        | 85,910         | 55,364        | 2,064        | 2067,472        | 48,0        |
| 5.1.3         | Панелі секційного вимикача 110 кВ (одна панель)                                          | 1 од.   | 68,721         | 559,852         | 21,513         | 17,472        | 1,000        | 668,558         | 24,0        |
| 5.1.4         | Панель трансформаторів напруги 110 кВ (одна панель на дві секції 110 кВ)                 | 1 од.   | 68,721         | 386,946         | 8,085          | 11,081        | 1,000        | 475,833         | 12,0        |
| 5.1.8         | Панелі введів 10 кВ та секційного вимикача 10 кВ (одна панель на два вводи)              | 1 од.   | 137,441        | 347,406         | 21,315         | 14,343        | 1,000        | 521,505         | 24,0        |
| 5.1.9         | Панелі керування та захисту заземлювального реактора (одна панель на дві секції 10 кВ)   | 1 од.   | 68,721         | 412,888         | 21,485         | 13,855        | 1,000        | 517,950         | 12,0        |
| 5.1.10        | Шафа оперативного постійного струму (ШОТ)                                                | 1 од.   | 66,801         | 680,462         | 33,562         | 20,854        | 1,002        | 802,681         | 12,0        |
| 5.1.11        | Шафи з низьковольтною апаратурою (три шафи)                                              | 1 компл | 199,382        | 726,488         | 41,034         | 27,729        | 1,032        | 995,664         | 36,0        |

Продовження табл. 4.2 - – Вартість будівництва підстанції (вузол 903)

| 1                                   | 2                                                                                                                                                                               | 3 | 4                 | 5               | 6              | 7              | 8             | 9               | 10           |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|--------------|
| 5.1.12                              | Інші панелі загального користування (центральної сигналізації, керування шинними апаратами 110-10 кВ, автоматики вимикачів 110 кВ, ПРВВ, торцеві панелі – всього чотири панелі) |   |                   |                 |                |                |               |                 |              |
| <b>Всього ЗПК</b>                   |                                                                                                                                                                                 |   | <b>1365,716</b>   | <b>6287,658</b> | <b>321,541</b> | <b>221,555</b> | <b>10,184</b> | <b>8206,655</b> | <b>264,0</b> |
| <b>Загальна кошторисна вартість</b> |                                                                                                                                                                                 |   | <b>51 054,247</b> |                 |                |                |               |                 |              |

Таблиця 4.3 – Вартість реконструкції підстанції Бершадь (вузол 9):

| Ч.ч.<br>згідно<br>з таб-<br>лицею<br>6.1 | Вузол ПС                                                                   | Кіль-<br>кість | Будівель-<br>ні роботи | Облад-<br>нання | Інші<br>витрати | Проект-<br>ні<br>роботи | Експер-<br>тиза<br>проекту | Загальна<br>кошторис-<br>на<br>вартість | Орієн-<br>товна<br>площа,<br>зайнята<br>облад-<br>нанням,<br>м <sup>2</sup> |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | 2                                                                          | 3              | 4                      | 5               | 6               | 7                       | 8                          | 9                                       | 10                                                                          |
| <b>2</b>                                 | <b>Вузли ВРУ 110 кВ:</b>                                                   |                |                        |                 |                 |                         |                            |                                         |                                                                             |
| 2.1                                      | Приєднання лінії 110 кВ з вимикачем із вбудованими трансформаторами струму | 1 од.          | 186,654                | 2745,262        | 114,968         | 79,9                    | 1,241                      | 3128,024                                | 205,0                                                                       |
| 2.2                                      | Приєднання трансформатора напруги 110 кВ                                   | 1 од.          | 38,076                 | 1022,051        | 58,693          | 29,11                   | 1,044                      | 1148,974                                | 72,0                                                                        |
| <b>Всього ВРУ 110 кВ</b>                 |                                                                            |                | <b>224,73</b>          | <b>3767,313</b> | <b>173,661</b>  | <b>109,01</b>           | <b>2,285</b>               | <b>4276,998</b>                         |                                                                             |
| <b>Загальна кошторисна вартість</b>      |                                                                            |                | <b>4276,998</b>        |                 |                 |                         |                            |                                         |                                                                             |

Підсумовуючи, укрупнені капітальні витрати на розвиток електричної мережі на першому році складають 106 385,492 тис. грн.,

Укрупнені капітальні витрати на розвиток електричної мережі на другому році показані у табл. 4.4 – 4.5.

Таблиця 4.4 – Вартість будівництва підстанції (вузол 902)

| Ч.ч.<br>згідно<br>з таб-<br>лицею<br>6.1 | Вузол ПС                                                                                      | Кіль-<br>кість | Будівель-<br>ні роботи | Облад-<br>нання  | Інші<br>витрати | Проект-<br>ні<br>роботи | Експер-<br>тиза<br>проекту | Загальна<br>кошторис-<br>на вартість | Орієн-<br>товна<br>площа,<br>зайнята<br>облад-<br>нанням,<br>м <sup>2</sup> |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | 2                                                                                             | 3              | 4                      | 5                | 6               | 7                       | 8                          | 9                                    | 10                                                                          |
| <b>1</b>                                 | <b>Установлення<br/>силових<br/>трансформаторів<br/>напругою,<br/>потужністю:</b>             |                |                        |                  |                 |                         |                            |                                      |                                                                             |
| 1.7                                      | 110/10 кВ,<br>10 В×А                                                                          | 2 од.          | 602,532                | 17350,130        | 573,722         | 473,808                 | 4,028                      | 19004,222                            | 190                                                                         |
| <b>2</b>                                 | <b>Вузли ВРУ 110 кВ:</b>                                                                      |                |                        |                  |                 |                         |                            |                                      |                                                                             |
| 2.1                                      | Приєднання 110 кВ<br>силового<br>трансформа-<br>тора без вимикача                             | 2 од.          | 87,512                 | 2613,394         | 110,570         | 72,410                  | 2,138                      | 2886,024                             | 260,0                                                                       |
| 2.5                                      | Приєднання лінії<br>110 кВ<br>з вимикачем із<br>вбудованими<br>трансфор-<br>маторами струму   | 2 од.          | 373,308                | 5490,524         | 229,936         | 159,800                 | 2,482                      | 6256,048                             | 410,0                                                                       |
| 2.8                                      | Приєднання<br>секційного<br>вимикача 110 кВ із<br>вбудованими<br>трансфор-<br>маторами струму | 1 од.          | 74,910                 | 2709,418         | 111,311         | 74,287                  | 1,216                      | 2971,142                             | 125,0                                                                       |
| 2.9                                      | Приєднання<br>трансформа-<br>тора напруги 110<br>кВ                                           | 2 од.          | 76,148                 | 2044,102         | 117,386         | 58,220                  | 2,088                      | 2297,948                             | 144,0                                                                       |
| 2.12                                     | Приєднання<br>ремонтної<br>перемички 110кВ                                                    | 1 од.          | 54,027                 | 287,744          | 24,915          | 10,315                  | 1,000                      | 378,001                              | 125,0                                                                       |
|                                          | <b>Всього ВРУ 110 кВ</b>                                                                      |                | <b>665,909</b>         | <b>13145,182</b> | <b>594,118</b>  | <b>375,032</b>          | <b>8,924</b>               | <b>14789,163</b>                     | <b>1064,0</b>                                                               |

Продовження табл. 4.4 – Вартість будівництва підстанції (вузол 902)

| 1                       | 2                                                                    | 3       | 4              | 5               | 6              | 7              | 8            | 9               | 10           |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------|----------------|-----------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|--------------|
| <b>3</b>                | <b>Вузли обладнання 10 кВ:</b>                                       |         |                |                 |                |                |              |                 |              |
| 3.1                     | ЗРУ 10 кВ ПС 110/10 кВ:                                              |         |                |                 |                |                |              |                 |              |
| 3.1.1                   | Камера 10 кВ вводу від силового трансформатора з вакуумним вимикачем | 2 од.   | 77,232         | 881,914         | 23,810         | 25,838         | 2,000        | 1010,794        | 13,8         |
| 3.1.2                   | Камера секційного вакуумного вимикача 10 кВ                          | 1 од.   | 38,616         | 421,721         | 11,364         | 12,424         | 1,000        | 485,124         | 6,9          |
| 3.1.3                   | Камера секційного роз'єднувача 10 кВ                                 | 1 од.   | 38,616         | 294,832         | 7,960          | 9,162          | 1,000        | 351,570         | 6,9          |
| 3.1.4                   | Камера лінії 10 кВ з вакуумним вимикачем                             | 9 од.   | 347,544        | 3104,793        | 83,826         | 94,068         | 9,0          | 3639,23         | 62,1         |
| 3.1.5                   | Камера з трансформаторами напруги 10 кВ                              | 4 од.   | 154,464        | 551,472         | 25,688         | 20,952         | 4,000        | 756,576         | 27,6         |
| 3.1.6                   | Камери з іншим обладнанням 10 кВ                                     | 2 од.   | 77,232         | 309,232         | 12,104         | 10,184         | 2,000        | 410,752         | 9,0          |
| <b>Всього ЗРУ 10 кВ</b> |                                                                      |         | <b>733,704</b> | <b>5563,964</b> | <b>164,752</b> | <b>172,628</b> | <b>19,0</b>  | <b>6654,046</b> | <b>126,3</b> |
| 3.2                     | Трансформатор власних потреб зовнішнього установлення потужністю:    |         |                |                 |                |                |              |                 |              |
| 3.2.1                   | 250 кВ·А                                                             | 2 од.   | 27,244         | 503,940         | 23,946         | 14,496         | 2,000        | 571,626         | 32,0         |
| 3.3                     | Заземлювальний реактор 10 кВ                                         | 2 компл | 108,180        | 1592,330        | 79,152         | 46,852         | 2,026        | 1828,540        | 52,0         |
| <b>Всього</b>           |                                                                      |         | <b>135,424</b> | <b>2096,270</b> | <b>103,098</b> | <b>61,348</b>  | <b>4,026</b> | <b>2400,166</b> | <b>84,0</b>  |

Продовження табл. 4.4 – Вартість будівництва підстанції (вузол 902)

| 1      | 2                                                                                        | 3       | 4       | 5        | 6      | 7      | 8     | 9        | 10   |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|----------|--------|--------|-------|----------|------|
| 5      | <b>ЗПК:</b>                                                                              |         |         |          |        |        |       |          |      |
| 5.1    | <b>ЗПК ПС 110/10 кВ</b>                                                                  |         |         |          |        |        |       |          |      |
| 5.1.1  | Панелі керування, ДЗТ, резервного захисту та РПН силового трансформатора (чотири панелі) | 2 компл | 481,046 | 1524,364 | 88,638 | 60,856 | 2,088 | 2156,992 | 96,0 |
| 5.1.2  | Панелі ДФЗ і резервного захисту лінії 110 кВ з вимикачем (дві панелі)                    | 2 компл | 274,882 | 1649,252 | 85,910 | 55,364 | 2,064 | 2067,472 | 48,0 |
| 5.1.3  | Панелі секційного вимикача 110 кВ (одна панель)                                          | 1 од.   | 68,721  | 559,852  | 21,513 | 17,472 | 1,000 | 668,558  | 24,0 |
| 5.1.4  | Панель трансформаторів напруги 110 кВ (одна панель на дві секції 110 кВ)                 | 1 од.   | 68,721  | 386,946  | 8,085  | 11,081 | 1,000 | 475,833  | 12,0 |
| 5.1.8  | Панелі введів 10 кВ та секційного вимикача 10 кВ (одна панель на два вводи)              | 1 од.   | 137,441 | 347,406  | 21,315 | 14,343 | 1,000 | 521,505  | 24,0 |
| 5.1.9  | Панелі керування та захисту заземлювального реактора (одна панель на дві секції 10 кВ)   | 1 од.   | 68,721  | 412,888  | 21,485 | 13,855 | 1,000 | 517,950  | 12,0 |
| 5.1.10 | Шафа оперативного постійного струму (ШОТ)                                                | 1 од.   | 66,801  | 680,462  | 33,562 | 20,854 | 1,002 | 802,681  | 12,0 |
| 5.1.11 | Шафи з низьковольтною апаратурою (три шафи)                                              | 1 компл | 199,382 | 726,488  | 41,034 | 27,729 | 1,032 | 995,664  | 36,0 |

Продовження табл. 4.4 – Вартість будівництва підстанції (вузол 902)

| 1                                   | 2                                                                                                                                                                               | 3 | 4                 | 5               | 6              | 7              | 8             | 9               | 10           |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|--------------|
| 5.1.12                              | Інші панелі загального користування (центральної сигналізації, керування шинними апаратами 110-10 кВ, автоматики вимикачів 110 кВ, ПРВВ, торцеві панелі – всього чотири панелі) |   |                   |                 |                |                |               |                 |              |
| <b>Всього ЗПК</b>                   |                                                                                                                                                                                 |   | <b>1365,716</b>   | <b>6287,658</b> | <b>321,541</b> | <b>221,555</b> | <b>10,184</b> | <b>8206,655</b> | <b>264,0</b> |
| <b>Загальна кошторисна вартість</b> |                                                                                                                                                                                 |   | <b>51 054,247</b> |                 |                |                |               |                 |              |

Таблиця 4.5 – Вартість облаштування відгалуження від ПЛ " Сумівка - Чечельник " (вузол 8):

| Ч.ч.<br>згідно<br>з таб-<br>лицею<br>6.1 | Вузол ПС                                | Кіль-<br>кість | Будівель-<br>ні роботи | Облад-<br>нання | Інші<br>витрати | Проект-<br>ні<br>роботи | Експер-<br>тиза<br>проекту | Загальна<br>кошторис-<br>на<br>вартість | Орієн-<br>товна<br>площа,<br>зайнята<br>облад-<br>нанням,<br>м <sup>2</sup> |
|------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | 2                                       | 3              | 4                      | 5               | 6               | 7                       | 8                          | 9                                       | 10                                                                          |
| 2.1                                      | Приєднання ОПН 110 кВ                   | 1              | 13,61                  | 143,344         | 34,588          | 21,05                   | 1,0                        | 213,592                                 |                                                                             |
| 2.2                                      | Приєднання лінії 110 кВ з роз'єднувачем | 1              | 146,207                | 198,92          | 15,406          | 11,112                  | 1,0                        | 372,645                                 | 100,0                                                                       |
| <b>Всього ВРУ 110 кВ</b>                 |                                         |                | <b>159,817</b>         | <b>342,264</b>  | <b>49,9</b>     | <b>32,16</b>            | <b>2</b>                   | <b>586,23</b>                           | <b>100</b>                                                                  |
| <b>Загальна кошторисна вартість</b>      |                                         |                | <b>586,23</b>          |                 |                 |                         |                            |                                         |                                                                             |

Отже, укрупнені капітальні витрати на розвиток електричної мережі на другому році складають 51640,477 тис. грн.

Капітальні витрати на спорудження ліній електропередач визначаються за наступною формулою [26]:



$$K_{\text{ЛЕП}} = C_T \cdot l, \quad (4.6)$$

де  $C_T$  – вартість 1 км ЛЕП, тис. грн..

$$K_{\text{ЛЕП1}} = 1062,749 \cdot 1,089 \cdot 25 = 28\,933,342 \text{ (тис. грн.)}.$$

$$K_{\text{ЛЕП2}} = 1062,749 \cdot 1,089 \cdot 27 = 19\,674,672 \text{ (тис. грн.)}.$$

Одночасні капітальні витрати  $K$ :

$$K_1 = 106\,385,492 + 28\,933,342 = 135\,318,834 \text{ (тис. грн.)}.$$

$$K_2 = 51\,640,477 + 19\,674,672 = 71\,315,149 \text{ (тис. грн.)}.$$

Щорічні витрати на експлуатацію мережі обчислюються за формулою:

$$B = B_L + B_{\Pi} + \Delta W_t, \quad (4.7)$$

де  $B_L$  – відрахування від капітальних витрат на обслуговування та ремонт ліній, тис. грн;  $B_{\Pi}$  – відрахування від капітальних витрат на обслуговування та ремонт підстанцій, тис. грн;  $\Delta W_t$  – зміна втрат електроенергії в електричній мережі внаслідок її розвитку, кВт·год:

$$\Delta W_t = \Delta W_{tL} + \Delta W_{t\Pi}; \quad (4.8)$$

де  $\Delta W_{tL}$ ,  $\Delta W_{t\Pi}$  – зміна втрат електроенергії, відповідно, в ЛЕП та трансформаторах підстанцій, кВт·год.

Відрахування від капітальних витрат на обслуговування та ремонт ліній:

$$B_L = (K_{\text{ЛЕП}} \cdot P_L\%)/100; \quad (4.9)$$

де  $P_{Л\%}$  – норма щорічних відрахувань на ремонт та обслуговування повітряних ліній (0,3%).

Відрахування від капітальних витрат на обслуговування та ремонт підстанцій:

$$B_{П} = (K_{П/СТ} \cdot P_{П\%})/100; \quad (4.10)$$

де  $P_{П\%}$  – норма щорічних відрахувань на ремонт та обслуговування електротехнічного устаткування підстанцій (3,0%).

Таким чином у відповідності з формулами (4.9 - 4.10) маємо:

$$B_{Л1} = (28\,933,342 \cdot 0,3)/100 = 86,8 \text{ (тис. грн.)};$$

$$B_{Л2} = (19\,674,672 \cdot 0,3)/100 = 59,024 \text{ (тис. грн.)};$$

$$B_{П1} = (106\,385,492 \cdot 3)/100 = 3285,971 \text{ (тис. грн.)};$$

$$B_{П2} = (51\,640,477 \cdot 3)/100 = 1549,214 \text{ (тис. грн.)};$$

Спираючись на результати розрахунку режиму максимальних навантажень ЕМ після виконання її поетапного розвитку (додаток В), зміна втрат електроенергії по роках подана в табл. 4.6:

Таблиця 4.6 – Зміна втрат потужності та електроенергії в нових приєднаннях:

| Рік будівництва | Побудовані та реконструйовані об'єкти | Зміна втрати в ЛЕП, кВт | Зміна втрати в трансформаторах, кВт | Сумарні втрати електроенергії, тис. кВт·год |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1               | ЛЕП: 7-902, 902-903, П/ст: 902, 903   | -                       | -                                   | 4,88                                        |
| 2               | ЛЕП: 901-903, 903-103                 | -1140                   | -                                   | 5,73                                        |

Річні видатки було розраховано за виразом (4.7).

$$B_1 = 86,8 + 3191,565 + 4,8 \cdot 1,65 = 3286,417 \text{ (тис. грн.)};$$

$$B_2 = 59,024 + 1549,214 + 5,73 \cdot 1,65 = 1617,693 \text{ (тис. грн.)};$$

Додаткові надходження електроенергії в електричну мережу за рахунок її розвитку визначається як сумарне річне електроспоживання додатково приєднаних споживачів. Звідки, по роках розвитку:

$$W_{1(\Sigma)} 31,9 \cdot 5600 = 178640 \text{ МВт}\cdot\text{год};$$

$$W_{2(\Sigma)} = 14.55 \cdot 5600 = 81480 \text{ МВт}\cdot\text{год}.$$

У відповідності з (4.2) зміна прибутку по роках визначається наступним чином [26]:

$$\Pi_1 = 1,65 \cdot 0,12 \cdot 178640 - 3286,417 = 32084,303 \text{ тис. грн.};$$

$$\Pi_2 = 1,65 \cdot 0,12 \cdot 81480 - 1617,693 = 14515,347 \text{ тис. грн.};$$

За результатами попередніх розрахунків, рентабельність проекту розвитку в цілому визначається наступним чином (4.1):

$$E'_a = 0,227$$

Термін окупності проекту може бути визначений наступним чином:

$$T_{ок} = 1 / E'_a = 1 / 0,227 = 4,4 \text{ роки}.$$

Таблиця 4.7 - Основні техніко економічні показники отриманої ЕМ

| Основні техніко економічні показники отриманої ЕМ                                       |          |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| Сумарне максимальне навантаження нових підстанцій мережі                                | МВт      | 46,45       |
| Тривалість використання найбільшого навантаження для нових споживачів                   | год      | 5600        |
| Сумарна електроенергія, відпущена новим підстанціям                                     | МВт*год  | 260 120     |
| Сумарні капітальні витрати на розвиток електричної мережі                               | тис.грн. | 206 633,983 |
| Термін окупності капіталовкладень у розвиток електричної мережі                         | Рік      | 4,4         |
| Очікувані втрати активної потужності у електричній мережі після здійснення розвитку     | МВт      | 5,73        |
| Очікувані втрати активної потужності у електричній мережі після здійснення розвитку     | %        | 2,47        |
| Зміна втрат активної електроенергії за рахунок розвитку електричної мережі              | МВт*год  | 1046,21     |
| Очікувані втрати активної електроенергії в електричній мережі після здійснення розвитку | МВт*год  | 27,07       |

З отриманих даних можна сказати, що мережа є економічно доцільною, її встановлення принесе додаткові фінансові надходження від нових споживачів. Рентабельність проекту розвитку в цілому задовільна, оскільки близьке до значення  $E_{ан}$  (банківський відсоток по вкладах (у відносних одиницях) ( $E_{ан} = 0,2$ ). Терміни окупності (4,4 роки) підтверджує ефективність.

## **5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Розділ магістерської роботи присвячений визначенню заходів і засобів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час обслуговування електричного обладнання мережі з повітряними вимикачами. На оперативно-ремонтний персонал, що здійснює експлуатацію електричного обладнання п/ст, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [28, 29]:

- фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

- хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

- фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

### **5.1 Технічні рішення з безпечної організації обслуговування електрообладнання**

#### **5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць під час виконання робіт**

Перед допуском до роботи на комутаційних апаратах з дистанційним керуванням слід виконати такі технічні заходи:

- вимкнути допоміжні кола (керування, сигналізації, підігрівання та ін.) і силові кола приводу;
- зачинити засувки на трубопроводі подавання повітря в баки вимикачів або на пневматичні приводи та випустити в атмосферу повітря, яке в них містилось; у цьому разі спускні пробки (клапани) залишаються у відкритому положенні;
- привести в неробоче положення вмикальний вантаж або вмикальні пружини;
- вивісити плакати "Не вмикати! Працюють люди" - на ключах дистанційного керування і "Не відкривати! Працюють люди" - на закритих засувках.

Для пробних вмикань і вимикань комутаційного апарата без подавання робочої напруги під час його налагоджування та регулювання допускається тимчасове вмикання допоміжних і силових кіл приводу, а також подавання повітря в привод та на вимикач. У цьому разі слід зняти плакати "Не вмикати! Працюють люди" та "Не відкривати! Працюють люди". Дистанційно вмикати та вимикати комутаційний апарат під час його випробовування дозволяється оперативним та оперативно-виробничим працівникам, якщо це обумовлено нарядом в "Окремих вказівках. Після випробування, у разі необхідності продовження роботи на комутаційному апараті, черговий або з його дозволу керівник робіт повинен виконувати вимоги цих Правил.

Підніматись на повітряний вимикач, що перебуває під робочим тиском, дозволяється тільки під час випробування та виконання налагоджувальних робіт (регулювання демпферів, знімання віброграм, під'єднання провідників до вимірювальних приладів або їх від'єднання, визначення місць витікання повітря тощо). Забороняється підніматись на вимкнений повітряний вимикач з повітрянаповненим віддільником, якщо віддільник перебуває під робочим тиском.

Перед підніманням на повітряний вимикач для проведення випробувань та налагодження необхідно:

- вимкнути кола керування;
- заблокувати кнопку місцевого керування та пускові клапани (наприклад, від'єднати повітропроводні трубки, замкнути шафи тощо) або поставити біля вимикача проінструктованого члена бригади, який допускав би до оперування вимикачем (після вмикання кіл керування) за вказівкою керівника робіт тільки одного працівника. У разі перебування працівників на повітряному вимикачі, що знаходиться під тиском, слід припинити усі роботи в шафах керування і розподільчих.

Забороняється перебування працівників біля повітряних вимикачів під час їх вмикання і вимикання, налагодження та випробування. Команду на виконання операцій повітряним вимикачем у разі проведення випробних і налагоджувальних робіт керівник робіт (або уповноважений ним член бригади) повинен подавати тільки після того, як всі члени бригади будуть відведені від вимикача на безпечну відстань або в укриття.

У разі допуску до роботи, пов'язаної з перебуванням працівників всередині повітрозбірників, необхідно:

- закрити засувки повітропроводів, по яких може бути подано повітря, зачинити їх на замок, вивісити на засувках плакати "Не відкривати! Працюють люди";
- випустити в атмосферу повітря, що перебуває під тиском в повітрозбірнику, залишивши відкритим спускний клапан;
- від'єднати від повітрозбірника повітропровід подавання повітря і встановити на ньому заглушки.

Нульовий показ манометрів на баках вимикачів та повітрозбірниках не може бути вірогідною ознакою відсутності в них стисненого повітря. Для того, щоб зняти кришки лазів, безпосередньо перед відгвинчуванням болтів та гайок необхідно відкрити спускні клапани або засувки і переконатись у відсутності стисненого повітря. Спускні клапани або засувки дозволяється закривати тільки після загвинчування всіх болтів та гайок, що кріплять кришку лазу.

У разі виконання роботи у відсіку комірки КРУ необхідно:

- викотити візок з обладнанням;
- зачинити на замок шторку відсіку, в якому струмовідні частини залишилися під напругою та вивісити плакат "Стій! Напруга";
- вивісити плакат "Працювати тут" у відсіку, де треба буде працювати.

Встановлювати в контрольне положення візок з вимикачем для випробування та роботи в колах керування і захисту дозволяється в тих випадках, коли роботи поза КРУ на ПЛ і КЛ, що відходять, або на підключеному до них обладнанні, враховуючи механізми, з'єднані з електродвигунами, не проводяться або встановлено заземлення в комірці КРУ.

Приміщення РУ з комутаційним обладнанням слід обладнати примусовою вентиляцією. Забороняється виконувати будь-яку роботу доти, доки не буде забезпечено п'ятикратний обмін повітря в цьому приміщенні протягом однієї години. Розкривання полюсів повітряного вимикача необхідно проводити на відкритому повітрі. Якщо розкривання полюсів виконується в приміщенні, слід застосовувати спеціальну установку з вакуумним пристроєм, що забезпечує відсмоктування елегазу з робочого місця.

Якщо в процесі розкривання полюсів повітряного вимикача будуть виявлені продукти розпаду елегазу (білий порошок), їх необхідно зібрати пилососом, застосовуючи змінні фільтри.

### **5.1.2 Електробезпека**

Основні технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- 1) виконання технічних заходів під час підготовки робочого місця,
- 2) застосування під час обслуговування електроустановок електрозахисних засобів.

1) Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:



- провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. За необхідності струмопровідні частини слід огороджувати;
- приєднати до "землі" переносні заземлення;
- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмопровідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;
- встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмопровідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах вимикальних комутаційних апаратів;
- огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмопровідні частини огорожують до або після їх заземлення.

2) Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись засоби захисту від ураження електричним струмом, від впливу електричного поля, а також засоби індивідуального та колективного захисту. Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові. До основних ізолювальних електрозахисних засобів, які повинні застосовуватись в електроустановках напругою понад 1000 В, відносяться: ізолювальні штанги всіх видів, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, показчики напруги, пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (показчики напруги для фазування, показчики пошкодження кабелів та ін.); до додаткових – діелектричні рукавички, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолювальні підставки, ізолювальні накладки, ізолювальні ковпаки, штанги для перенесення та

вирівнювання потенціалу, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення, плакати та знаки безпеки та інші засоби захисту. Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ: захисні каски – для захисту голови; захисні окуляри і щитки – для захисту очей і обличчя; протигази і респіратори – для захисту органів дихання; рукавиці – для захисту рук; запобіжні пояси та страхувальні канати.

Вибір необхідних електрозахисних засобів, засобів захисту від дії ЕП, а також ЗІЗ регламентується [30], а також іншими відповідними нормативними документами (НД) з урахуванням місцевих умов. У разі застосування основних ізолювальних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб, крім випадків, що обумовлені в цих Правилах. У разі необхідності захисту працівника від напруги кроку дозволяється використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів захисту.

## **5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії**

### **5.2.1 Мікроклімат**

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [33]. Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в таблиці 5.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається [34]:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву,
- провітрювання приміщень.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

| Період року | Категорія робіт | Температура, °С | Відносна вологість, % | Швидкість руху, м/с |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| Теплий      | ІІб             | 15-29           | 70 при 25°С           | 0,2-0,5             |
| Холодний    | ІІб             | 13-23           | не більш 75           | не більш 0,4        |

### 5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК [33] наведено в таблиці 5.2. Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [34]: провітрювання приміщень; встановлення пиловловлюючих засобів.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

| Назва речовини     | ГДК, мг/м <sup>3</sup> |                 | Клас небезпечності |
|--------------------|------------------------|-----------------|--------------------|
|                    | Максимально разова     | Середньо добова |                    |
| Вуглецю оксид (СО) | 3                      | 1               | 4                  |
| Пил нетоксичний    | 0,5                    | 0,15            | 4                  |

### 5.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці працівника. Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [35] розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

| Харак-ка зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Під-розряд зорової роботи | Контраст об'єкта з фоном | Характеристика фону     | Штучне при системі комбінованого освітлення |                        | Природне Ен пр | Сумісне Е сум |
|-------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|------------------------|----------------|---------------|
|                         |                                                            |                       |                           |                          |                         | всього                                      | у т. ч. від загального |                |               |
| Середньої точності      | Від 0,5 до 1,0 включно                                     | IV                    | в                         | малий середній великий   | світлий середній темний | 400                                         | 200                    | 4              | 2,4           |

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

#### 5.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» [36]. Норми звукового тиску на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях наведено в таблиці 5.4.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

| Характер робіт                                  | Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц |    |     |     |     |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|                                                 | 32                                                                                                           | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Постійні робочі місця в промислових приміщеннях | 107                                                                                                          | 95 | 87  | 82  | 78  | 75   | 73   | 71   | 69   |

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі (ширми, екрани тощо).

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

### **5.3 Дослідження безпеки роботи електричної мережі 110 кВ в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій**

Системи електропостачання в умовах НС вони повинні працювати без перебоїв, тому розробка заходів щодо покращення їх роботи в умовах ЕМП та дії іонізуючих випромінювань є актуальною задачею при проектуванні.

Дія електромагнітного імпульсу також може призвести до загоряння чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях параметрів електричної мережі. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, елементи, викликає

коротке замикання тощо. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання.

### **5.3.1 Оцінка безпеки роботи електричної мережі 110 кВ в умовах дії іонізуючих випромінювань**

За критерій безпеки роботи ЕМ в цих умовах приймається таке максимальне значення дози опромінення елементної бази, при якому в елементній базі можуть виникнути зміни, але ЕМ ще буде працювати з необхідною якістю. Максимально допустимі значення потужності дози елементів ЕМ наведені в таблиці 5.5.

1. За мінімальним значенням  $p_{гр}$  межа стійкості  $p_{гр}$  роботи мереж складає  $p_{гр} = 10^4$  (Р/год).

2. Для оцінки безпеки роботи електричної мережі визначається граничне значення потужності дози гамма-випромінювання ( $p_{гр}$ ) за наступною формулою:

$$P_{гр} = K \cdot p_{гр} \cdot K_{пос}, \quad (5.1)$$

де  $K$  – коефіцієнт надійності,  $K = 0,9..0,95$ ;

$p_{гр}$  – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін найменш стійкого елемента;

$K_{пос}$  – коефіцієнт послаблення радіації ( $K_{пос} = 2$ ),

$$P_{гр} = 0,9 \cdot 10^4 \cdot 2 = 1,8 \cdot 10^4 \text{ (Р / год)},$$

1.3 вище наведених розрахунків можна зробити висновок, що безпека ЕМ в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечуватись, якщо радіація в умовах експлуатації не перевищуватиме  $P_{гр} = 1,8 \times 10^4$  (Р/год).

Таблиця 5.5 - Максимально допустимі потужності дози елементів ЕМ.

| № | Блок | Елементи блоків ЕМ               | $P_{гр,i}(P/год)$ | $P_{гр} (P/год)$ |
|---|------|----------------------------------|-------------------|------------------|
| 1 | БЖ   | Транзистори КТ3102В              | $10^5$            | $10^4$           |
|   |      | Діоди загального призначення S1M | $10^5$            |                  |
| 2 | БП   | Конденсатори SMD1206 1nf, 16V    | $10^6$            |                  |
|   |      | Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм  | $10^6$            |                  |
| 3 | БКП  | Мікросхеми PIC16F877             | $10^4$            |                  |
|   |      | Діелектрики GTP15                | $10^4$            |                  |

2.3 вище наведених розрахунків можна зробити висновок, що безпека ЕМ в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечуватись, якщо радіація в умовах експлуатації не перевищуватиме  $P_{гр} = 1,8 \times 10^4$  (Р/год).

Розрахуємо допустимо максимальний час перебування ЕМ в умовах дії іонізуючих випромінювань та ЕМІ:

$$D_m = \frac{2P_{гр}(\sqrt{t_K^2} - \sqrt{t_{II}^2})}{1}, \quad (5.2)$$

де  $\sqrt{t_{II}^2}$ , дорівнює 1;  $D_m$ — дорівнює  $10^3$ ;  $t_{доп} = 12,6 \times 10^3$  (год).

Отже, електрична мережа буде працювати досить безпечно в умовах іонізуючих випромінювань і не потребує особливих додаткових заходів по захисту від цього фактора.

### 5.3.2 Оцінка безпеки роботи електричної мережі 110 кВ в умовах дії електромагнітного імпульсу

В якості показника безпеки елементів ЕМ до дії електромагнітного імпульсу використовують коефіцієнт безпеки:

$$K_6 = 20 \lg \frac{U_d}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де  $U_d$  - допустиме коливання напруги живлення;  $U_{B(\Gamma)}$  - напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних системах.

Спочатку визначається допустиме коливання напруги живлення:

$$U_d = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N, \quad (5.4)$$

де  $N$  - допустимі коливання (приймається  $N=5\%$ ).

Шляхом підстановки числових даних в (4) отримується:

$$U_d = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12.6(\text{В}).$$

Визначається максимально очікувана напруга в горизонтальних лініях.

$$U_B = \frac{U_d}{10^{\frac{K}{20}}} \quad (5.5)$$

Після підстановки числових даних:

$$U_B = \frac{12.6}{10^{\frac{40}{20}}} = 0.126(\text{В}).$$

З формули визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля:



$$U_B = E_\Gamma \cdot I_B. \quad (5.6)$$

Отже,  $E_\Gamma$  визначається:

$$E_\Gamma = \frac{U_B}{I_B}, \quad (5.7)$$

Після підстановки числових даних в формулу (5.7):

$$E_\Gamma = \frac{0.126}{5} = 0.0252 (\text{В} / \text{м}).$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається з формули:

$$E_\Gamma = 10^{-2} \cdot E_B, \quad (5.8)$$

Тоді  $E_B$  буде:

$$E_B = 0.0252 \cdot 1000 = 25.2 (\text{В} / \text{м}).$$

### **5.3.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи електричної мережі 110 кВ в умовах надзвичайних ситуацій**

Дія підвищення безпеки роботи ЕМ необхідно використовувати екранування РЕА і довгих ліній. Для цього визначимо перехідне гасіння енергії електричного поля сталевим екраном.

Розрахуємо товщини захисних екранів:

$$t = \frac{A}{5.2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (5.9)$$

де  $f$  - найбільш характерна частота, ( $f = 15$  кГц).

Для блоків енергетичної мережі:

$$t_1 = \frac{40 - 38.72}{5.2 \cdot \sqrt{15000}} = 0.0025(\text{см}).$$

Обираємо товщину стінки на порядок вище, для того щоб забезпечити необхідний захист обладнання. Прийmemo  $t=1\text{мм}$ .

$$A = 5.2 \cdot 0.102 \cdot \sqrt{15000} = 65(\text{дБ}).$$

Отже, нам потрібно взяти сталевий екран товщиною 1 мм, який забезпечує згасання енергії електричного поля не менше 65 дБ.

Також в результаті проведених розрахунків визначено, що безпека роботи ЕМ забезпечується при рівні радіації до  $6,3 \times 10^4$  (Р/год). До дії ЕМІ на ЕМ необхідно застосовувати екранування РЕА, що суттєво підвищує її стійкість безпеку роботи в умовах впливу електромагнітного імпульсу. В результаті застосування екранів ЕМ буде працювати безпечно аж до значення напруженості вертикальної складової 25,2 В/м.

## ВИСНОВКИ

Отже, в даній магістерській кваліфікаційній роботі було спроектовано та вибрано оптимальну схему розвитку електричної мережі 110/35 кВ.

Було обґрунтовано розвиток ЕМ. До існуючої схеми ЕМ було підключено нових споживачів (вузли 901, 902 та 903) та СЕС (вузол 903). Відповідно до заданої категорії споживачів (переважно I-ої) було розроблено відповідно конфігурацію, яке забезпечує необхідний рівень надійності. Тобто, живлення відбувається від двох центрів по одноланцюгових лініях. Оптимальна схема була вибрана за допомогою симплекс методу - відбулося дві ітерації з уточненням вартісних коефіцієнтів. Після того. Було виконано перебір можливих варіантів послідовності побудови мережі за допомогою методу динамічного програмування, а також вибрано найбільш економічно доцільний варіант розвитку ЕМ.

Щодо надійності, то для ПС Бершадь (вузол 9) відбулася реконструкція, а саме: наявна схема була замінена на схему «Дві робочі та обхідна система шин». Після того, за допомогою програмного комплексу «Надійність» визначили математичне очікування збитку і на основі цього – сумарні питомі витрати з урахуванням надійності.

Враховуючи результати попередніх розрахунків, схему електричних з'єднань спроектованої ЕМ, а також можливості її подальшого розвитку, для нових споживачів (ПС 901,902,903) було вибрано схему РП типу «місток з вимикачами в колах трансформаторів і ремонтною перемичкою з боку трансформаторів»..

Щодо вузла 8 - Чечельник, то там пропонується встановити замість анкерної відгалуджувальну опору. Це дасть можливість не розбудовувати проміжний розподільний пристрій та заощадити кошти на облаштуванні та подальшій експлуатації додаткових елементів обладнання.

Після введення всіх необхідних заходів щодо покращення якості напруги у вузлах, спроектована мережа характеризується низькими втратами

активної потужності – 5,73 МВт при сумарній активній потужності генерації 125,12 МВт.

В третьому розділі даної магістерської роботи, в «спеціальній частині», розглянуті та проаналізовані умови застосування та особливості будови повітряних вимикачів. Також, було досліджено класифікацію та характерні особливості роботи повітряних вимикачів. Крім того, в роботі розглянуто різні типи повітряних вимикачів, а саме: повітряні вимикачі генераторної напруги, повітряні вимикачі із закритими віддільниками, а також повітряні вимикачі бакового типу. Також, розглянуто та проаналізовано переваги та недоліки застосування повітряних вимикачів.

В четвертому розділі магістерської роботи, економічній частині, були розраховані техніко - економічні показники розвитку електричної мережі, а також були визначені загальні витрати на мережу та рентабельність капіталовкладень. Загальні витрати на розвиток мережі за 2 роки складає 206 633,983 тис. грн. Розрахунок рентабельності даного проекту показав його високу ефективність оскільки  $E(0.227)$  близький до  $E_a'(0.2)$ , та швидкий термін окупності 4.4 років.

В розділі «Охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях» було розглянуто та визначено шкідливі та небезпечні фактори, а також проаналізовано умови праці, питання санітарно - гігієнічного комплексу, питання електробезпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях робочого персоналу, який обслуговує електричну мережу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кубай О. О., Гульман А. О., Остра Н. В. АНАЛІЗ БУДОВИ ТА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ / Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)» Вінниця 2024. [Електронний ресурс] <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21790>
2. Романченко Ю.А., Петухов О. Г., Рєзнік І. О. Порівняльний аналіз різних типів високовольтних вимикачів. Майбутній науковець – 2021: матеріали всеукр. наук.- практ. конф. з міжнар. участю. Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2021. – С. 160-162.
3. Попов В.А., Ткаченко В.В., Ярмолук О.С. Ефективне керування режимами систем забезпечення споживачів електричною енергією: Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 163 с
4. Звіти робочої групи «Оцінка енергетичного сектору України та оцінка шкоди – VI (станом на 24 січня 2023 р.)», 2023 р., [https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2023\\_01\\_24\\_UA\\_sectoral\\_evaluation\\_and\\_damage\\_assessment\\_Version\\_VI.pdf](https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Occasional/2023_01_24_UA_sectoral_evaluation_and_damage_assessment_Version_VI.pdf).
5. Кулик В. В. Типові рішення при проектуванні електричних мереж напругою 110-330 кВ: навчальний посібник / В. В. Кулик, В. В. Тептя, О. Б. Бурикін, О. В. Сікорська. Вінниця: ВНТУ, 2018. 110 с.
6. Електричні системи і мережі. Частина 1: навчальний посібник / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський. Вінниця : ВНТУ, 2020. 203 с.
7. Електричні системи і мережі. Частина 2: навчальний посібник / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський. –Вінниця : ВНТУ, 2021. 162 с.
8. Електричні системи і мережі. Частина 3: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання

[Електронний ресурс] / Малогулко Ю. В., Бурикін О. Б., Кацадзе Т. Л., Нетребський В. В. Вінниця : ВНТУ, 2022. 172 с.

9. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи. Підручник. : Видавництво: Львівська політехніка, 2015. 540 с.

10. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х. : Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

11. Нормативний документ міненерговугілля України «Укрупнені показники вартості будівництва підстанцій напругою від 6 кв до 150 кв та ліній електропередавання напругою від 0,38 кв до 150 кв. норми», – СОУ-Н МЕНВ 45.2- 37471933-44: 2011. – Київ, 2016, – 42с.

12. Остапчук Ж.І., Кулик В.В., Тептя В.В. Моделювання в задачах розвитку електричних систем. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 128 с.

13. Бржезицький В. О., Зелінський В.Ц., Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є. Електричні апарати: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. 602с. ISBN 978-966-289-101-0.

14. Рубаненко О.Є. Вдосконалення методів і засобів діагностування високовольтних вимикачів: монографія / О. Є. Рубаненко. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 188 с.

15. Гаряжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (частина 1) (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) /В. М. Гаряжа, А. О. Карюк; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. –Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 149 с.

16. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво;

17. ДБН В.2.5-16 – 99 Інженерне обладнання споруд, зовнішніх мереж; Визначення розмірів земельних ділянок для об'єктів електричних мереж;

18. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва;

19. ДСТУ Б Д.1.1-7:2013 Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт та експертизи проектної документації на будівництво;
20. ГКД 341.004.001 – 94 Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6 – 750 кВ;
21. ГКД 341.004.002 – 94 Норми технологічного проектування повітряних ліній електропередавання 0,38 – 750 кВ. Проводи ліній електропередавання 35 – 750 кВ;
22. СОУ-Н ЕЕ 20.178:2008 Схеми принципів електричних розподільчих установок напругою від 6 кВ до 750 кВ електричних підстанцій. Настанова;
23. ПУЕ: 2014 Глава 4.2 Розподільчі установки і підстанції напругою понад 1 кВ;
24. Лист Мінрегіону України від 27.01.2015 № 7/15-787 «Про індекси зміни вартості станом на 1 січня 2015 року»;
25. Повідомлення Мінрегіону України від 02.04.2015 року щодо порядку перерахування кошторисної документації, пов'язаного із зростанням вартості матеріальних ресурсів у сучасних економічних умовах;
26. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. МЕТОДИКА. Загальні методичні положення (ГДК 340.000.001-95). К.: Міненерго України, 1995. 34 с.
27. СОУ-Н МЕВ 45.2-37471933-44: 2011. Укрупнені показники вартості будівництва підстанцій напругою від 6 кВ до 150 кВ та ліній електропередавання напругою від 0,38 кВ до 150 кВ. Норми. – Київ, 2016. 42 с.
28. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
29. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації

об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

30. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=21826](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=21826).

31. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

32. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

33. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

34. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

35. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)

36. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

37. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

38. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

39. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. МЕТОДИКА. Загальні методичні положення (ГДК 340.000.001-95). К.: Міненерго України, 1995. 34 с.

40. СОУ-Н МЕВ 45.2-37471933-44: 2011. Укрупнені показники вартості будівництва підстанцій напругою від 6 кВ до 150 кВ та ліній електропередавання напругою від 0,38 кВ до 150 кВ. Норми. – Київ, 2016.



42 с.

41. Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:2, 2021р. / А. О. Семенов, Л. П. Громова, Т. В. Макарова, О. В. Сердюк. Вінниця: ВНТУ, 2021. 60 с.

42. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма – «Електричні системи і мережі») [Електронний ресурс] / уклад.: В. О. Комар, В. В. Тептя, Ю. В. Малогулко. – Вінниця: ВНТУ, 2023, (PDF, 96 с.)

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

### ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розвиток фрагменту електричної мережі з аналізом конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки  
(кафедра, факультет)

#### Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність \_\_\_\_\_ Схожість \_\_\_\_\_

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_  
(підпис)

Вишневський С.Я.  
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Кубай О.О.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Остра Н.В.  
(прізвище, ініціали)

**ДОДАТОК Б****Технічне завдання МКР**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електричних станцій і систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС  
д.т.н., професор Комар В. О.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

**РОЗВИТОК ФРАГМЕНТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З АНАЛІЗОМ  
КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ  
ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ**

08-21.МКР.008.00.007 ТЗ

Науковий керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСС

\_\_\_\_\_ Остра Н.В.

Магістр групи ЕСМ-22мз

\_\_\_\_\_ Кубай О.О.

Вінниця 2024 р.

## **1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)**

а) актуальність досліджень обумовлена тим, що для забезпечення більш надійної роботи ОЕС, збільшення пропускної спроможності основних перетинів та розв'язання проблеми мережних обмежень необхідно спроектувати, добудувати та ввести в експлуатацію нові об'єкти – лінії електропередачі та підстанції;

б) наказ ректора ВНТУ № 81 від 11 березня 2024 р. про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

## **2. Мета і призначення МКР**

а) мета – проектування електричної мережі - сформувати оптимальну схему розвитку електричної мережі напругою 110/35 кВ, а також проаналізувати конструктивні особливості будови та умови застосування повітряних вимикачів. б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

## **3. Джерела розробки**

Список використаних джерел розробки:

1. Типові рішення при проектуванні електричних мереж напругою 110–330 кВ : навчальний посібник / В. В. Кулик, В. В. Тептя, О. Б. Бурикін, О. В. Сікорська. Вінниця : ВНТУ, 2018. 110 с.

2. Остапчук Ж.І., Кулик В.В., Тептя В.В. Моделювання в задачах розвитку електричних систем. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 128 с.

3. Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище. Київ, 2014.

#### 4. Технічні вимоги до виконання МКР

Запропонувати оптимальний варіант розвитку електричних мереж. Проектування, монтаж і експлуатація електрообладнання мають виконуватися у відповідності до вимог ПУЕ та ПТЕ.

Вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів: для проектування розвитку електричної мережі з використанням оптимізаційних методів застосовується фрагмент схеми електричної мережі 110/35 кВ АТ “Вінницяобленерго”. Дані про лінії існуючої електричної мережі подані в таблиці 1. Параметри трансформаторних підстанцій існуючої електричної мережі показані в таблиці 2. Схема існуючої електричної мережі до розвитку показана на рисунку 1.

Робочі рівні напруг на шинах джерела живлення становлять за найбільших навантажень 105%, за найменших – 100%, для післяаварійних режимів – 110%. Найменше навантаження влітку 35% від найбільшого зимового. Тривалість використання найбільшого навантаження 5600 годин на рік. Середня вартість 1 кВт год недовідпущеної споживачам електроенергії 142 грн. Вартість 1 кВт год втраченої електроенергії становить 2,65 грн. Інформація про наявні електричні мережі та джерела живлення району подано у табл. 3 та 4. Обмеження з боку монтажних організацій щодо спорудження ЛЕП складає 25 км за рік.

#### 5. Економічні показники

Визначити основні техніко-економічні показники оптимального розвитку електричної мережі та на основі їх аналізу зробити висновок про доцільність спорудження такого проекту.

#### 6. Етапи МКР та очікувані результати

| № з/п | Назва етапів<br>магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання<br>етапів роботи |          | При-<br>мітка |
|-------|------------------------------------------------------|----------------------------------|----------|---------------|
|       |                                                      | початок                          | кінець   |               |
| 1     | Розроблення технічного завдання                      | 17.01.24                         | 20.01.24 |               |
| 2     | Техніко-економічне обґрунтування                     | 21.01.24                         | 01.03.24 |               |

|    |                                                                              |             |          |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|--|
| 3  | Електротехнічна частина                                                      | 02.03.24    | 22.03.24 |  |
| 4  | Аналіз конструктивних особливостей та умов застосування повітряних вимикачів | 23.03.24    | 15.04.24 |  |
| 5  | Економічна частина                                                           | 16.04.24    | 01.05.24 |  |
| 6  | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях                            | 02.05.24    | 12.05.24 |  |
| 7  | Оформлення пояснювальної записки                                             | 13.05.24    | 21.05.24 |  |
| 8  | Виконання графічної/ілюстративної частини та оформлення презентації          | 22.05.24    | 24.05.24 |  |
| 9  | Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР                              | 25.05.24    | 05.06.24 |  |
| 10 | Рецензування МКР                                                             | 06.06.24    | 07.06.24 |  |
| 11 | Захист МКР                                                                   | За графіком |          |  |

## **7. Матеріали, що подаються до захисту МКР**

Пояснювальна записка МКР, ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, відгук опонента, протоколи складання державних іспитів, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

## **8. Порядок контролю виконання та захисту МКР**

Виконання етапів розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

## **9. Вимоги до оформлення МКР**

Вимоги викладені в «Положенні про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:2, 2021р.

## **10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом**

Відсутні.

### Додаток до технічного завдання

Для проектування розвитку використовується схема електричної мережі 110/35 кВ та географічне розташування споживачів, що подані на рис. 1 (М 1:50000). Параметри електроспоживання останніх подані в табл. 1. Дані для прогнозування навантажень району подані в табл. 2.

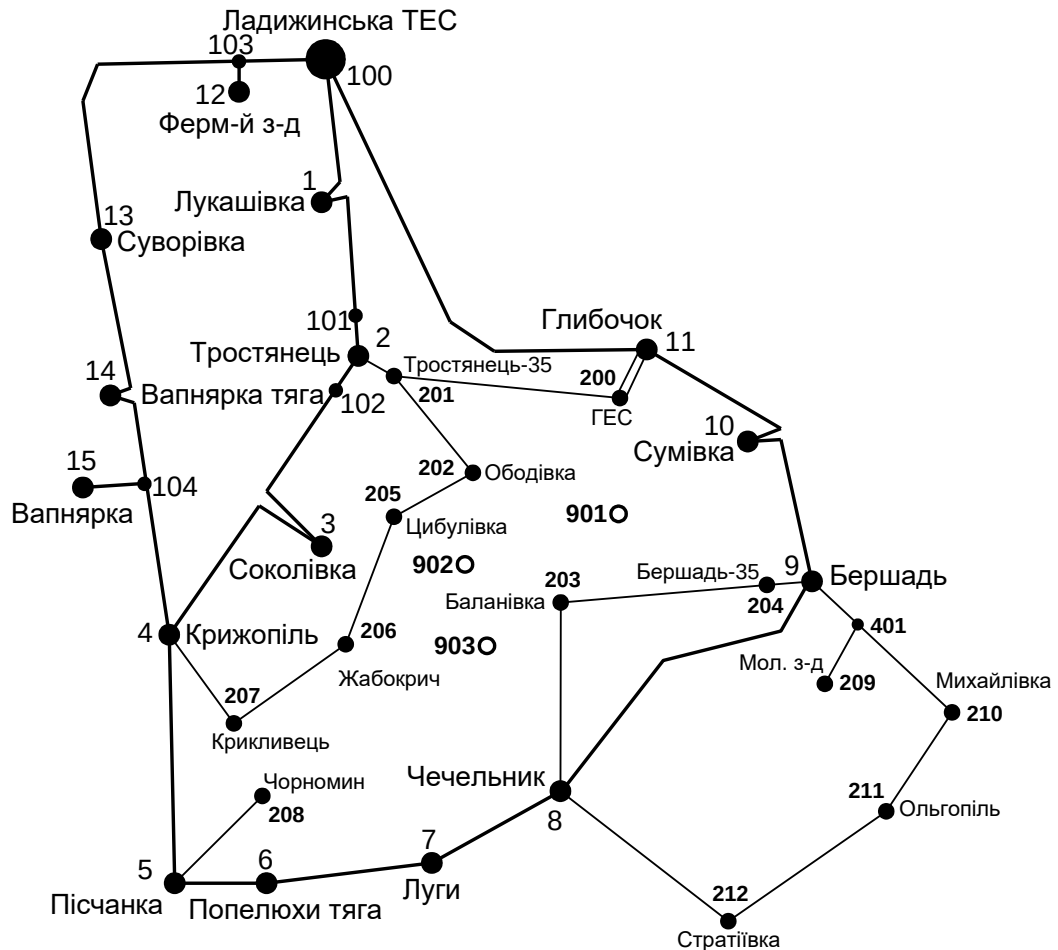


Рисунок Б.1 – Схема існуючої електричної мережі

Робочі рівні напруг на шинах джерела живлення становлять за найбільших навантажень 105%, за найменших – 100%, для післяаварійних режимів – 110%. Найменше навантаження влітку 35% від найбільшого зимового. Тривалість використання найбільшого навантаження 5600 годин на рік. Середня вартість 1 кВт год недовідпущеної споживачам електроенергії 142 грн. Вартість 1 кВт год втраченої електроенергії становить 2,65 грн. Інформація про наявні електричні мережі та джерела живлення району подано у табл. 3 та 4. Обмеження з боку монтажних організацій щодо спорудження ЛЕП складає 25 км за рік.



Таблиця 1 – Дані про максимальне навантаження п'ятого року нових споживачів

| Пункти               | Нова 1 (901) | Нова 2 (902) | СЕС 3 (903) |
|----------------------|--------------|--------------|-------------|
| Навантаження, МВт    | 11,8         | 8,2          | 12,5        |
| cos φ                | 0,9          | 0,88         | 1,00        |
| Категорія споживачів | I            | I            | I           |

Таблиця 2 – Ретроспективні дані для прогнозування максимального навантаження

| Роки експлуатації  | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Макс. навантаж., % | 97   | 96   | 89   | 96   | 93   | 94   | 98   | 99   | 91   | 100  |

Таблиця 3 – Дані про лінії існуючої електричної мережі

| № номер початку лінії | № номер кінця лінії | Назва лінії                  | Довжина лінії | Марка проводу |
|-----------------------|---------------------|------------------------------|---------------|---------------|
| 100                   | 1                   | Ладизинська ТЕС – Лукашівка  | 8,36          | АС-150        |
| 1                     | 101                 | Лукашівка – 101              | 29,77         | АС-150        |
| 101                   | 2                   | 101 – Тростянець             | 0,5           | АС-120        |
| 2                     | 102                 | Тростянець – 102             | 0,5           | АС-120        |
| 102                   | 3                   | 102 – Соколівка              | 27,91         | АС-150        |
| 3                     | 4                   | Соколівка – Крижопіль        | 15,8          | АС-150        |
| 4                     | 5                   | Крижопіль – Піщанка          | 25,9          | АС-150        |
| 5                     | 6                   | Піщанка – Попелюхи тяга      | 11,69         | АС-150        |
| 6                     | 7                   | Попелюхи тяга – Луги         | 26,26         | АС-150        |
| 7                     | 8                   | Луги – Чечельник             | 12,05         | АС-150        |
| 8                     | 9                   | Чечельник – Бершадь          | 38,4          | АС-150        |
| 100                   | 11                  | Ладизинська ТЕС – Глибочок   | 27,0          | АС-150        |
| 11                    | 10                  | Глибочок – Сумівка           | 10,4          | АС-120        |
| 10                    | 9                   | Сумівка – Бершадь            | 13,6          | АС-120        |
| 100                   | 103                 | Ладизинська ТЕС – 103        | 2,3           | АС-150        |
| 103                   | 12                  | 103 – Ферментний завод       | 0,8           | АС-95         |
| 103                   | 13                  | 103 – Суворівка              | 37,46         | АС-150        |
| 13                    | 14                  | Суворівка – Вапнярка тяга    | 15,7          | АС-150        |
| 14                    | 104                 | Вапнярка тяга – 104          | 7,4           | АС-150        |
| 104                   | 15                  | 104 – Вапнярка               | 0,015         | АС-150        |
| 104                   | 4                   | 104 – Крижопіль              | 18,4          | АС-150        |
| 11                    | 200                 | Глибочок – Глибочок ГЕС      | 2×0,3         | АС-95         |
| 200                   | 201                 | Глибочок ГЕС – Тростянець–35 | 17            | АС-95         |
| 2                     | 201                 | Тростянець – Тростянець–35   | 5,31          | АС-95         |
| 201                   | 202                 | Тростянець–35 – Ободівка     | 10,79         | АС-95         |
| 202                   | 205                 | Ободівка – Цибулівка         | 9,4           | АС-95         |
| 205                   | 206                 | Цибулівка – Жабокрич         | 18            | АС-95         |
| 206                   | 207                 | Жабокрич – Крикливець        | 11,41         | АС-95         |
| 4                     | 207                 | Крижопіль – Крикливець       | 22,4          | АС-95         |
| 9                     | 204                 | Бершадь – Бершадь–35         | 7,93          | АС-120        |
| 203                   | 204                 | Баланівка – Бершадь–35       | 19,59         | АС-120        |
| 8                     | 203                 | Чечельник – Баланівка        | 22,8          | АС-95         |
| 5                     | 208                 | Піщанка – Чорномин           | 12,3          | АС-95         |
| 9                     | 401                 | Бершадь – 401                | 4,44          | АС-120        |
| 401                   | 209                 | 401 – Молокозавод            | 0,03          | АС-70         |
| 401                   | 210                 | 401 – Михайлівка             | 11,2          | АС-150        |
| 211                   | 210                 | Ольгопіль – Михайлівка       | 13,9          | АС-95         |
| 212                   | 211                 | Стратіївка – Ольгопіль       | 11,6          | АС-95         |
| 8                     | 212                 | Чечельник – Стратіївка       | 14,3          | АС-95         |

Таблиця 4 – Параметри трансформаторних підстанцій існуючої електричної мережі

| №   | Назва вузла     | $\cos \varphi$ | $S_n$ , МВА          | Марка трансформатора                         | Кількість трансформаторів |
|-----|-----------------|----------------|----------------------|----------------------------------------------|---------------------------|
| 100 | Ладизинська ТЕС | 0,85           | Балансувальний вузол | ВРП 110 кВ                                   |                           |
| 1   | Лукашівка       | 0,89           | $2,2 + j1,13$        | ТМН-6300/110/10                              | 1                         |
| 2   | Тростянець      | 0,88           | $4,7 + j2,54$        | ТДТН-10000/110/35/10                         | 2                         |
| 3   | Соколівка       | 0,87           | $2,8 + j1,59$        | ТМН-6300/110/10                              | 1                         |
| 4   | Крижопіль       | 0,88           | $4,6 + j2,48$        | ТДТН-10000/110/35/10<br>ТДТН-25000/110/35/10 | 2                         |
| 5   | Піщанка         | 0,86           | $4,5 + j2,67$        | ТДТН-10000/110/35/10<br>ТДТН-16000/110/35/10 | 2                         |
| 6   | Попелюхи тяга   | 0,85           | $13,0 + j8,06$       | ТДТН-40000/110/27/10                         | 2                         |
| 7   | Луги            | 0,89           | $2,2 + j1,13$        | ТМН-6300/110/10                              | 1                         |
| 8   | Чечельник       | 0,88           | $5,7 + j3,08$        | ТДТН-16000/110/35/10                         | 1                         |
| 9   | Бершадь         | 0,9            | $4,1 + j1,99$        | ТДТН-10000/110/35/10<br>ТДТН-16000/110/35/10 | 2                         |
| 10  | Сумівка         | 0,87           | $3,1 + j1,76$        | ТМН-6300/110/10                              | 1                         |
| 11  | Глибочок        | 0,89           | $3,0 + j1,54$        | ТМТН-6300/110/35/10<br>ТДТН-10000/110/35/10  | 2                         |
| 12  | Ферм. 3-д       | 0,88           | $8,7 + j4,7$         | ТРДН-25000/110/10                            | 1                         |
| 13  | Суворівка       | 0,87           | $2,8 + j1,59$        | ТМТН-6300/110/35/10                          | 1                         |
| 14  | Вапнярка тяга   | 0,85           | $12,4 + j7,68$       | ТДТН-40000/110/27/10                         | 2                         |
| 15  | Вапнярка        | 0,87           | $2,7 + j1,53$        | ТМН-6300/110/10                              | 1                         |
| 200 | Глибочок ГЕС    | 0,9            | $-6,4 - j3,1$        |                                              |                           |
| 201 | Тростянець-35   | 0,87           | $1,6 + j0,91$        | ТМН-4000/35/10                               | 2                         |
| 202 | Ободівка        | 0,89           | $1,5 + j0,77$        | ТМН-4000/35/10<br>ТМН-6300/35/10             | 2                         |
| 203 | Баланівка       | 0,88           | $1,1 + j0,59$        | ТМН-2500/35/10                               | 2                         |
| 204 | Бершадь-35      | 0,87           | $2,5 + j1,42$        | ТМН-6300/35/10                               | 2                         |
| 205 | Цибулівка       | 0,86           | $1,9 + j1,13$        | ТМН-4000/35/10                               | 1                         |
| 206 | Жабокрич        | 0,85           | $1,8 + j1,12$        | ТМН-4000/35/10                               | 1                         |
| 207 | Крикливець      | 0,89           | $1,2 + j0,61$        | ТМН-2500/35/10                               | 2                         |
| 208 | Чорномин        | 0,88           | $1,6 + j0,86$        | ТМН-4000/35/10                               | 1                         |
| 209 | Молокозавод     | 0,89           | $1,5 + j0,77$        | ТМН-4000/35/10                               | 1                         |
| 210 | Михайлівка      | 0,9            | $1,2 + j0,58$        | ТМН-4000/35/10<br>ТМН-1600/35/10             | 2                         |
| 211 | Ольгопіль       | 0,85           | $1,4 + j0,87$        | ТМН-2500/35/10                               | 2                         |
| 212 | Стратіївка      | 0,88           | $1,3 + j0,7$         | ТМН-4000/35/10                               | 1                         |

ДОДАТОК В

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕМ

ДОДАТОК В.1

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ МАКСИМАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ВХІДНОЇ ЕМ

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

ТРИВАЛІСТЬ ЗВІТНОГО ПЕРІОДУ: 5600.0 ГОД  
ЧАС ВТРАТ: 4318.9 ГОД

ОТРИМАНО ПОТУЖН./ЕЛ.ЕНЕРГ.: 104.624 МВТ / 916.511 МЛН.КВТ\*Г  
ВІДПУЩЕНО ПОТУЖН./ЕЛ.ЕНЕРГ.: 99.790 МВТ / 874.160 МЛН.КВТ\*Г

ВТРАТИ В ЛЕП 220-35 КВ: 3.947 МВТ / 17.046 МЛН.КВТ\*Г  
ВТРАТИ В ЛЕП 750-330 КВ: 0.000 МВТ / 0.000 МЛН.КВТ\*Г  
СУМАРНІ ВТРАТИ В ЛЕП: 3.947 МВТ / 17.046 МЛН.КВТ\*Г

ВТРАТИ Х.Х. В ТРАНСФОРМАТОРАХ: 0.531 МВТ / 4.648 МЛН.КВТ\*Г  
ВТРАТИ НАВ. В ТРАНСФОРМАТОРАХ: 0.393 МВТ / 1.697 МЛН.КВТ\*Г  
СУМАРНІ ВТРАТИ В ТРАНСФОРМАТОРАХ: 0.923 МВТ / 6.345 МЛН.КВТ\*Г

СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 750-35 КВ: 4.870 МВТ / 23.391 МЛН.КВТ\*Г (2.6%)

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВУЗЛИ

| N ВУЗЛА | НАЗВА           | РНАВ,МВТ | QНАВ,МВАР | U, КВ   | ФАЗА, ГРАД |
|---------|-----------------|----------|-----------|---------|------------|
| 100     | ЛАДИЖИНСЬКА ГЕС | -93.224  | -57.686   | 110.000 | 0.00       |
| 1       | ЛУКАШІВКА       | 0.000    | 0.000     | 109.073 | -0.27      |
| 2       | ТРОСТЯНЕЦЬ      | 0.000    | 0.000     | 105.952 | -1.17      |
| 3       | СОКОЛІВКА       | 0.000    | 0.000     | 103.808 | -1.85      |
| 4       | КРИЖОПІЛЬ       | 0.000    | 0.000     | 102.794 | -2.17      |
| 5       | ПІШАНКА         | 0.000    | 0.000     | 101.056 | -2.71      |
| 6       | ПОПЕЛЮХИ ТЯГА   | 0.000    | 0.000     | 100.602 | -2.84      |
| 7       | ЛУГИ            | 0.000    | 0.000     | 101.246 | -2.66      |
| 8       | ЧЕЧЕЛЬНИК       | 0.000    | 0.000     | 101.640 | -2.52      |
| 9       | БЕРШАДЬ         | -5.000   | -3.000    | 104.045 | -1.72      |
| 11      | ГЛИБОЧОК        | 0.000    | 0.000     | 106.841 | -1.01      |
| 10      | СУМІВКА         | 0.000    | 0.000     | 105.538 | -1.33      |
| 12      | ФЕРМ З-Д        | 0.000    | 0.000     | 109.614 | -0.11      |
| 13      | СУВОРІВКА       | 0.000    | 0.000     | 105.339 | -1.37      |
| 14      | ВАПНЯРКА ТЯГА   | 0.000    | 0.000     | 103.717 | -1.86      |
| 15      | ВАПНЯРКА        | 0.000    | 0.000     | 103.391 | -1.97      |
| 200     | ГЛИБОЧОК ГЕС    | -6.400   | -3.100    | 35.477  | -2.03      |
| 201     | ТРОСТЯНЕЦЬ-35   | 0.000    | 0.000     | 34.183  | -3.22      |
| 202     | ОВОДІВКА        | 0.000    | 0.000     | 33.359  | -3.73      |
| 205     | ЦИБУЛІВКА       | 0.000    | 0.000     | 32.888  | -4.02      |
| 206     | ЖАБОКРИЧ        | 0.000    | 0.000     | 32.634  | -4.23      |
| 207     | КРИКЛИВЕЦЬ      | 0.000    | 0.000     | 32.871  | -4.17      |
| 204     | БЕРШАДЬ-35      | 0.000    | 0.000     | 37.348  | -6.11      |
| 203     | БАЛАНІВКА       | 0.000    | 0.000     | 37.037  | -6.39      |
| 208     | ЧОРНОМИН        | 0.000    | 0.000     | 32.693  | -4.83      |
| 401     |                 | 0.000    | 0.000     | 37.502  | -6.01      |
| 209     | МОЛОКОЗАВОД     | 0.000    | 0.000     | 37.501  | -6.01      |
| 210     | МИХАЙЛІВКА      | 0.000    | 0.000     | 37.120  | -6.37      |
| 211     | ОЛЬГОПІЛЬ       | 0.000    | 0.000     | 36.766  | -6.56      |
| 212     | СТРАТІІВКА      | 0.000    | 0.000     | 36.744  | -6.58      |
| 110     |                 | 2.310    | 1.190     | 10.156  | -2.70      |
| 21101   |                 | 0.000    | 0.000     | 102.589 | -3.30      |
| 2351    |                 | 0.000    | 0.000     | 34.337  | -3.28      |
| 2101    |                 | 4.930    | 2.670     | 9.694   | -4.38      |
| 21102   |                 | 0.000    | 0.000     | 102.589 | -3.30      |
| 2352    |                 | 0.000    | 0.000     | 34.337  | -3.28      |
| 2102    |                 | 0.000    | 0.000     | 9.694   | -4.38      |
| 310     |                 | 2.940    | 1.670     | 9.516   | -5.31      |
| 41101   |                 | 0.000    | 0.000     | 100.998 | -3.72      |
| 4101    |                 | 4.830    | 2.600     | 9.593   | -4.36      |
| 4351    |                 | 0.000    | 0.000     | 33.802  | -3.71      |
| 41102   |                 | 0.000    | 0.000     | 100.992 | -3.72      |
| 4352    |                 | 0.000    | 0.000     | 33.802  | -3.71      |
| 4102    |                 | 0.000    | 0.000     | 9.594   | -4.36      |

|        |        |       |         |       |
|--------|--------|-------|---------|-------|
| 51101  | 0.000  | 0.000 | 98.847  | -4.64 |
| 5351   | 0.000  | 0.000 | 33.053  | -4.61 |
| 5101   | 4.720  | 2.800 | 9.426   | -4.73 |
| 51102  | 0.000  | 0.000 | 98.678  | -4.77 |
| 5352   | 0.000  | 0.000 | 33.053  | -4.61 |
| 5102   | 0.000  | 0.000 | 9.426   | -4.73 |
| 61101  | 0.000  | 0.000 | 98.983  | -4.19 |
| 6351   | 0.000  | 0.000 | 33.138  | -4.19 |
| 6101   | 13.650 | 8.460 | 9.372   | -5.03 |
| 61102  | 0.000  | 0.000 | 98.983  | -4.19 |
| 6352   | 0.000  | 0.000 | 33.138  | -4.19 |
| 6102   | 0.000  | 0.000 | 9.373   | -5.04 |
| 710    | 2.310  | 1.190 | 9.383   | -5.49 |
| 8110   | 0.000  | 0.000 | 110.906 | -6.18 |
| 835    | 0.000  | 0.000 | 37.011  | -6.44 |
| 810    | 5.980  | 3.230 | 10.594  | -6.14 |
| 91101  | 0.000  | 0.000 | 113.104 | -5.88 |
| 9351   | 0.000  | 0.000 | 37.759  | -5.81 |
| 9101   | 4.300  | 2.090 | 10.850  | -5.37 |
| 91102  | 0.000  | 0.000 | 113.576 | -5.40 |
| 9352   | 0.000  | 0.000 | 37.759  | -5.81 |
| 9102   | 0.000  | 0.000 | 10.850  | -5.37 |
| 1010   | 3.250  | 1.850 | 9.641   | -5.05 |
| 111101 | 0.000  | 0.000 | 105.935 | -2.02 |
| 11351  | 0.000  | 0.000 | 35.474  | -2.03 |
| 11101  | 3.150  | 1.850 | 10.036  | -2.81 |
| 111102 | 0.000  | 0.000 | 105.936 | -2.02 |
| 11352  | 0.000  | 0.000 | 35.474  | -2.03 |
| 11102  | 0.000  | 0.000 | 10.037  | -2.81 |
| 1210   | 9.130  | 4.930 | 9.746   | -2.53 |
| 13110  | 0.000  | 0.000 | 100.802 | -4.88 |
| 1310   | 2.940  | 1.670 | 9.397   | -7.03 |
| 1335   | 0.000  | 0.000 | 33.747  | -4.88 |
| 141101 | 0.000  | 0.000 | 102.231 | -3.06 |
| 14101  | 13.020 | 8.060 | 9.690   | -3.82 |
| 141102 | 0.000  | 0.000 | 102.231 | -3.06 |
| 14102  | 0.000  | 0.000 | 9.691   | -3.82 |
| 1510   | 2.830  | 1.610 | 9.490   | -5.32 |
| 201101 | 1.680  | 0.960 | 10.619  | -4.12 |
| 201102 | 0.000  | 0.000 | 10.619  | -4.12 |
| 202101 | 1.570  | 0.810 | 10.400  | -4.41 |
| 202102 | 0.000  | 0.000 | 10.400  | -4.41 |
| 203101 | 1.150  | 0.620 | 11.531  | -7.10 |
| 203102 | 0.000  | 0.000 | 11.531  | -7.10 |
| 204101 | 2.620  | 1.490 | 11.628  | -6.86 |
| 204102 | 0.000  | 0.000 | 11.628  | -6.86 |
| 20510  | 1.990  | 1.190 | 10.007  | -6.35 |
| 20610  | 1.890  | 1.180 | 9.930   | -6.48 |
| 207101 | 1.260  | 0.640 | 10.202  | -5.16 |
| 207102 | 0.000  | 0.000 | 10.202  | -5.16 |
| 20810  | 1.680  | 0.900 | 10.022  | -6.83 |
| 20910  | 1.570  | 0.640 | 11.623  | -7.43 |
| 210101 | 1.260  | 0.640 | 11.557  | -7.14 |
| 210102 | 0.000  | 0.000 | 11.557  | -7.14 |
| 211101 | 1.470  | 0.910 | 11.398  | -7.47 |
| 211102 | 0.000  | 0.000 | 11.398  | -7.47 |
| 21210  | 1.360  | 0.730 | 11.369  | -7.85 |
| 14271  | 0.000  | 0.000 | 24.445  | -3.06 |
| 14272  | 0.000  | 0.000 | 24.445  | -3.06 |
| 101    | 0.000  | 0.000 | 106.004 | -1.15 |
| 102    | 0.000  | 0.000 | 105.915 | -1.18 |
| 103    | 0.000  | 0.000 | 109.653 | -0.10 |
| 104    | 0.000  | 0.000 | 103.391 | -1.97 |

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВІТКИ

| N ПОЧАТКУ | N КІНЦЯ | РП, МВТ | QP, МВАР | РК, МВТ | QK, МВАР | DP, МВТ | DQ, МВАР | I, КА  | DU, КВ |
|-----------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|--------|--------|
| 100       | 1       | 26.847  | 17.088   | 26.700  | 16.819   | 0.146   | 0.268    | 0.167  | 0.928  |
| 1         | 101     | 24.373  | 16.057   | 23.925  | 15.238   | 0.446   | 0.816    | 0.154  | 3.089  |
| 101       | 2       | 23.925  | 15.704   | 23.917  | 15.690   | 0.008   | 0.014    | 0.156  | 0.053  |
| 2         | 102     | 18.012  | 10.603   | 18.008  | 10.596   | 0.004   | 0.007    | 0.114  | 0.038  |
| 102       | 3       | 18.008  | 11.032   | 17.775  | 10.606   | 0.232   | 0.425    | 0.115  | 2.139  |
| 3         | 4       | 14.811  | 9.271    | 14.717  | 9.099    | 0.094   | 0.171    | 0.097  | 1.034  |
| 4         | 5       | 15.153  | 9.706    | 14.986  | 9.401    | 0.166   | 0.304    | 0.101  | 1.777  |
| 5         | 6       | 8.502   | 5.580    | 8.477   | 5.535    | 0.025   | 0.045    | 0.058  | 0.466  |
| 6         | 7       | -5.252  | -3.550   | -5.274  | -3.590   | 0.022   | 0.040    | -0.036 | -0.660 |
| 7         | 8       | -7.601  | -4.449   | -7.621  | -4.485   | 0.019   | 0.035    | -0.050 | -0.404 |
| 8         | 9       | -14.727 | -8.441   | -14.952 | -8.853   | 0.224   | 0.410    | -0.096 | -2.457 |
| 9         | 10      | -22.896 | -13.329  | -23.135 | -13.674  | 0.237   | 0.344    | -0.147 | -1.511 |
| 10        | 11      | -26.412 | -15.525  | -26.649 | -15.868  | 0.236   | 0.341    | -0.167 | -1.315 |
| 11        | 100     | -28.998 | -16.497  | -29.551 | -17.508  | 0.551   | 1.007    | -0.180 | -3.175 |

|        |        |        |        |        |        |       |       |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 11     | 111101 | 0.897  | 0.402  | 0.896  | 0.383  | 0.001 | 0.019 | 0.005  | 0.955  |
| 111101 | 11351  | -0.323 | -0.354 | -0.323 | -0.354 | 0.000 | 0.000 | -0.003 | -0.025 |
| 11351  | 200    | -0.834 | -0.917 | -0.835 | -0.917 | 0.000 | 0.000 | -0.020 | -0.003 |
| 200    | 201    | 5.561  | 2.212  | 5.402  | 2.020  | 0.159 | 0.191 | 0.097  | 1.325  |
| 201    | 2351   | -0.915 | -1.735 | -0.920 | -1.741 | 0.006 | 0.007 | -0.033 | -0.152 |
| 21101  | 2351   | 0.461  | 0.865  | 0.461  | 0.865  | 0.000 | 0.000 | 0.006  | 0.021  |
| 2      | 21101  | 2.935  | 2.449  | 2.928  | 2.264  | 0.007 | 0.184 | 0.021  | 3.512  |
| 21101  | 2101   | 2.467  | 1.399  | 2.463  | 1.336  | 0.004 | 0.063 | 0.016  | 1.363  |
| 2101   | 2102   | -2.464 | -1.332 | -2.464 | -1.332 | 0.000 | 0.000 | -0.167 | -0.000 |
| 21102  | 2102   | 2.468  | 1.396  | 2.464  | 1.332  | 0.004 | 0.063 | 0.016  | 1.361  |
| 2      | 21102  | 2.935  | 2.449  | 2.928  | 2.264  | 0.007 | 0.184 | 0.021  | 3.512  |
| 21102  | 2352   | 0.460  | 0.868  | 0.460  | 0.868  | 0.000 | 0.000 | 0.006  | 0.021  |
| 2352   | 2351   | 0.460  | 0.868  | 0.460  | 0.868  | 0.000 | 0.000 | 0.016  | 0.000  |
| 201    | 202    | 4.622  | 2.743  | 4.534  | 2.637  | 0.088 | 0.106 | 0.091  | 0.841  |
| 202    | 205    | 2.950  | 1.755  | 2.917  | 1.716  | 0.033 | 0.039 | 0.059  | 0.481  |
| 205    | 206    | 0.910  | 0.415  | 0.905  | 0.408  | 0.005 | 0.007 | 0.018  | 0.263  |
| 206    | 207    | -1.002 | -0.873 | -1.008 | -0.880 | 0.006 | 0.007 | -0.023 | -0.239 |
| 207    | 4351   | -2.279 | -1.543 | -2.331 | -1.605 | 0.052 | 0.062 | -0.048 | -0.948 |
| 41101  | 4351   | 0.598  | 0.401  | 0.597  | 0.401  | 0.000 | 0.000 | 0.004  | 0.030  |
| 4      | 41101  | 2.025  | 1.249  | 2.023  | 1.173  | 0.003 | 0.076 | 0.013  | 1.935  |
| 41101  | 4101   | 1.425  | 0.771  | 1.424  | 0.750  | 0.001 | 0.021 | 0.009  | 0.778  |
| 4101   | 4102   | -3.403 | -1.848 | -3.403 | -1.848 | 0.000 | 0.000 | -0.233 | -0.000 |
| 41102  | 4102   | 3.406  | 1.899  | 3.403  | 1.848  | 0.002 | 0.051 | 0.022  | 0.769  |
| 4      | 41102  | 5.145  | 3.263  | 5.140  | 3.067  | 0.005 | 0.194 | 0.034  | 1.940  |
| 41102  | 4352   | 1.734  | 1.168  | 1.733  | 1.168  | 0.001 | 0.000 | 0.012  | 0.024  |
| 4352   | 4351   | 1.733  | 1.168  | 1.733  | 1.168  | 0.000 | 0.000 | 0.036  | 0.000  |
| 207    | 207101 | 0.632  | 0.335  | 0.630  | 0.320  | 0.002 | 0.015 | 0.013  | 0.453  |
| 207101 | 207102 | -0.630 | -0.320 | -0.630 | -0.320 | 0.000 | 0.000 | -0.040 | -0.000 |
| 207    | 207102 | 0.632  | 0.335  | 0.630  | 0.320  | 0.002 | 0.015 | 0.013  | 0.453  |
| 202    | 202101 | 0.612  | 0.319  | 0.611  | 0.309  | 0.001 | 0.010 | 0.012  | 0.292  |
| 202101 | 202102 | -0.958 | -0.500 | -0.958 | -0.500 | 0.000 | 0.000 | -0.060 | -0.000 |
| 202    | 202102 | 0.959  | 0.516  | 0.958  | 0.500  | 0.002 | 0.015 | 0.019  | 0.292  |
| 201    | 201101 | 0.841  | 0.499  | 0.839  | 0.480  | 0.002 | 0.019 | 0.016  | 0.428  |
| 201101 | 201102 | -0.840 | -0.480 | -0.840 | -0.480 | 0.000 | 0.000 | -0.052 | -0.000 |
| 201    | 201102 | 0.842  | 0.498  | 0.840  | 0.480  | 0.002 | 0.019 | 0.016  | 0.427  |
| 11351  | 11352  | 0.511  | 0.564  | 0.511  | 0.564  | 0.000 | 0.000 | 0.012  | 0.000  |
| 111102 | 11352  | -0.511 | -0.564 | -0.511 | -0.564 | 0.000 | 0.000 | -0.004 | -0.025 |
| 11     | 111102 | 1.423  | 0.639  | 1.422  | 0.609  | 0.001 | 0.030 | 0.008  | 0.955  |
| 111102 | 11102  | 1.933  | 1.173  | 1.931  | 1.135  | 0.002 | 0.038 | 0.012  | 1.063  |
| 11102  | 11101  | 1.931  | 1.135  | 1.931  | 1.135  | 0.000 | 0.000 | 0.129  | 0.000  |
| 111101 | 11101  | 1.219  | 0.737  | 1.217  | 0.714  | 0.002 | 0.024 | 0.008  | 1.064  |
| 9      | 91101  | 5.410  | 3.292  | 5.391  | 2.765  | 0.020 | 0.525 | 0.035  | 4.991  |
| 91101  | 9351   | 6.793  | 3.121  | 6.770  | 3.121  | 0.023 | 0.000 | 0.038  | 0.301  |
| 9351   | 9352   | -1.761 | -1.562 | -1.761 | -1.562 | 0.000 | 0.000 | -0.036 | -0.000 |
| 91102  | 9352   | 1.762  | 1.585  | 1.761  | 1.562  | 0.001 | 0.023 | 0.012  | 0.864  |
| 9      | 91102  | 7.491  | 4.700  | 7.471  | 4.043  | 0.020 | 0.655 | 0.049  | 4.496  |
| 91102  | 9102   | 5.709  | 2.458  | 5.701  | 2.458  | 0.008 | 0.000 | 0.032  | 0.130  |
| 9102   | 9101   | 5.701  | 2.458  | 5.700  | 2.458  | 0.000 | 0.000 | 0.330  | 0.001  |
| 91101  | 9101   | -1.402 | -0.356 | -1.403 | -0.369 | 0.001 | 0.013 | -0.007 | -0.427 |
| 9351   | 401    | 4.556  | 2.446  | 4.534  | 2.413  | 0.022 | 0.032 | 0.079  | 0.269  |
| 401    | 210    | 2.953  | 1.716  | 2.933  | 1.680  | 0.019 | 0.036 | 0.052  | 0.404  |
| 210    | 211    | 1.662  | 1.003  | 1.649  | 0.988  | 0.012 | 0.015 | 0.030  | 0.366  |
| 211    | 212    | 0.166  | 0.035  | 0.166  | 0.035  | 0.000 | 0.000 | 0.003  | 0.024  |
| 212    | 835    | -1.204 | -0.727 | -1.211 | -0.735 | 0.007 | 0.008 | -0.022 | -0.276 |
| 8110   | 835    | 1.079  | 0.677  | 1.079  | 0.669  | 0.000 | 0.007 | 0.007  | 0.407  |
| 8      | 8110   | 7.084  | 4.527  | 7.066  | 3.904  | 0.018 | 0.620 | 0.048  | 4.511  |
| 203    | 203101 | 0.576  | 0.320  | 0.575  | 0.310  | 0.001 | 0.010 | 0.010  | 0.396  |
| 203101 | 203102 | -0.575 | -0.310 | -0.575 | -0.310 | 0.000 | 0.000 | -0.033 | -0.000 |
| 203    | 203102 | 0.576  | 0.320  | 0.575  | 0.310  | 0.001 | 0.010 | 0.010  | 0.395  |
| 835    | 203    | -0.132 | 0.006  | -0.132 | 0.006  | 0.000 | 0.000 | -0.002 | -0.029 |
| 203    | 204    | -1.294 | -0.608 | -1.302 | -0.619 | 0.008 | 0.011 | -0.022 | -0.329 |
| 204    | 9351   | -3.943 | -2.217 | -3.974 | -2.262 | 0.031 | 0.045 | -0.070 | -0.429 |
| 204    | 204101 | 1.311  | 0.769  | 1.309  | 0.745  | 0.002 | 0.024 | 0.023  | 0.400  |
| 204101 | 204102 | -1.309 | -0.744 | -1.309 | -0.744 | 0.000 | 0.000 | -0.075 | -0.000 |
| 204    | 204102 | 1.312  | 0.768  | 1.309  | 0.744  | 0.002 | 0.024 | 0.023  | 0.400  |
| 211    | 211101 | 0.737  | 0.473  | 0.734  | 0.455  | 0.003 | 0.018 | 0.014  | 0.565  |
| 211101 | 211102 | -0.735 | -0.455 | -0.735 | -0.455 | 0.000 | 0.000 | -0.044 | -0.000 |
| 211    | 211102 | 0.737  | 0.473  | 0.735  | 0.455  | 0.003 | 0.018 | 0.014  | 0.565  |
| 210    | 210101 | 0.859  | 0.467  | 0.857  | 0.451  | 0.002 | 0.016 | 0.015  | 0.402  |
| 210101 | 210102 | -0.402 | -0.188 | -0.402 | -0.188 | 0.000 | 0.000 | -0.022 | -0.000 |
| 210    | 210102 | 0.403  | 0.196  | 0.402  | 0.188  | 0.001 | 0.007 | 0.007  | 0.402  |
| 61101  | 6351   | 0.009  | -0.018 | 0.009  | -0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 6351   | 6352   | 0.009  | -0.018 | 0.009  | -0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 61102  | 6352   | -0.009 | 0.018  | -0.009 | 0.018  | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 61102  | 6102   | 6.836  | 4.353  | 6.831  | 4.209  | 0.006 | 0.144 | 0.047  | 1.106  |
| 6102   | 6101   | 6.831  | 4.209  | 6.830  | 4.209  | 0.000 | 0.000 | 0.493  | 0.001  |
| 61101  | 6101   | 6.817  | 4.390  | 6.811  | 4.245  | 0.006 | 0.144 | 0.047  | 1.113  |
| 6      | 61101  | 6.832  | 4.604  | 6.826  | 4.371  | 0.006 | 0.232 | 0.047  | 1.759  |
| 6      | 61102  | 6.833  | 4.605  | 6.827  | 4.372  | 0.006 | 0.232 | 0.047  | 1.759  |
| 5      | 51101  | 2.426  | 1.519  | 2.422  | 1.405  | 0.004 | 0.114 | 0.016  | 2.421  |
| 51101  | 5351   | 2.222  | 1.061  | 2.218  | 1.061  | 0.003 | 0.000 | 0.014  | 0.114  |
| 5351   | 5352   | 0.511  | 0.067  | 0.511  | 0.067  | 0.000 | 0.000 | 0.009  | 0.000  |
| 51102  | 5352   | -0.511 | -0.066 | -0.511 | -0.067 | 0.000 | 0.001 | -0.003 | -0.073 |
| 5      | 51102  | 4.020  | 2.593  | 4.014  | 2.389  | 0.006 | 0.203 | 0.027  | 2.607  |

|        |        |         |         |         |         |       |       |        |        |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|--------|--------|
| 51102  | 5102   | 4.525   | 2.455   | 4.517   | 2.455   | 0.007 | 0.000 | 0.030  | 0.118  |
| 5102   | 5101   | 4.517   | 2.455   | 4.517   | 2.455   | 0.000 | 0.000 | 0.314  | 0.000  |
| 51101  | 5101   | 0.200   | 0.344   | 0.200   | 0.343   | 0.000 | 0.001 | 0.002  | 0.310  |
| 141101 | 14271  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 14271  | 14272  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 141102 | 14272  | -0.009  | 0.017   | -0.009  | 0.017   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 141102 | 14102  | 6.520   | 4.133   | 6.515   | 4.010   | 0.005 | 0.122 | 0.044  | 0.992  |
| 14102  | 14101  | 6.515   | 4.010   | 6.515   | 4.010   | 0.000 | 0.000 | 0.455  | 0.001  |
| 141101 | 14101  | 6.502   | 4.167   | 6.497   | 4.045   | 0.005 | 0.122 | 0.044  | 0.999  |
| 14     | 141101 | 6.515   | 4.348   | 6.511   | 4.150   | 0.005 | 0.197 | 0.044  | 1.577  |
| 14     | 141102 | 6.516   | 4.348   | 6.511   | 4.150   | 0.005 | 0.197 | 0.044  | 1.577  |
| 4      | 104    | -7.648  | -4.498  | -7.677  | -4.550  | 0.029 | 0.052 | -0.050 | -0.610 |
| 104    | 14     | -10.530 | -6.074  | -10.551 | -6.113  | 0.021 | 0.039 | -0.068 | -0.332 |
| 14     | 13     | -23.652 | -14.896 | -23.892 | -15.334 | 0.239 | 0.436 | -0.155 | -1.647 |
| 13     | 103    | -26.862 | -16.682 | -27.571 | -17.978 | 0.706 | 1.292 | -0.173 | -4.343 |
| 103    | 100    | -36.751 | -22.952 | -36.826 | -23.090 | 0.075 | 0.137 | -0.228 | -0.347 |
| 7      | 710    | 2.319   | 1.344   | 2.309   | 1.189   | 0.010 | 0.154 | 0.015  | 3.485  |
| 212    | 21210  | 1.364   | 0.771   | 1.359   | 0.730   | 0.005 | 0.042 | 0.025  | 0.666  |
| 209    | 20910  | 1.574   | 0.688   | 1.569   | 0.640   | 0.005 | 0.048 | 0.026  | 0.622  |
| 205    | 20510  | 2.002   | 1.311   | 1.989   | 1.189   | 0.014 | 0.121 | 0.042  | 1.161  |
| 5351   | 208    | 1.708   | 1.012   | 1.693   | 0.994   | 0.015 | 0.018 | 0.035  | 0.369  |
| 208    | 20810  | 1.688   | 0.981   | 1.679   | 0.899   | 0.009 | 0.082 | 0.034  | 0.913  |
| 10     | 1010   | 3.268   | 2.152   | 3.248   | 1.849   | 0.020 | 0.302 | 0.021  | 5.102  |
| 8110   | 810    | 5.986   | 3.228   | 5.976   | 3.228   | 0.010 | 0.000 | 0.035  | 0.137  |
| 206    | 20610  | 1.902   | 1.293   | 1.889   | 1.179   | 0.013 | 0.114 | 0.041  | 1.149  |
| 401    | 209    | 1.581   | 0.729   | 1.581   | 0.729   | 0.000 | 0.000 | 0.027  | 0.001  |
| 13     | 13110  | 2.959   | 2.091   | 2.948   | 1.824   | 0.010 | 0.266 | 0.020  | 4.873  |
| 13110  | 1310   | 2.948   | 1.824   | 2.938   | 1.669   | 0.010 | 0.155 | 0.020  | 2.933  |
| 13110  | 1335   | -0.000  | -0.000  | -0.000  | -0.000  | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 104    | 15     | 2.853   | 1.902   | 2.853   | 1.902   | 0.000 | 0.000 | 0.019  | 0.000  |
| 15     | 1510   | 2.844   | 1.846   | 2.828   | 1.609   | 0.016 | 0.236 | 0.019  | 4.539  |
| 103    | 12     | 9.180   | 5.640   | 9.177   | 5.637   | 0.003 | 0.003 | 0.057  | 0.038  |
| 12     | 1210   | 9.148   | 5.452   | 9.124   | 4.927   | 0.024 | 0.522 | 0.056  | 2.985  |
| 3      | 310    | 2.955   | 1.923   | 2.938   | 1.669   | 0.017 | 0.253 | 0.020  | 4.696  |
| 1      | 110    | 2.317   | 1.321   | 2.309   | 1.189   | 0.009 | 0.131 | 0.014  | 3.004  |

ДОДАТОК В.2

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ МАКСИМАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІСЛЯ РОЗВИТКУ ЕМ

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Тривалість звітного періоду: 5600.0 год  
Час втрат: 4318.9 год

Отримано потужн./ел.енерг.: 125.800 МВт / 1102.010 млн.кВт\*г  
Відпущено потужн./ел.енерг.: 119.430 МВт / 1046.207 млн.кВт\*г

Втрати в ЛЕП 220-35 кВ: 5.485 МВт / 23.688 млн.кВт\*г  
Втрати в ЛЕП 750-330 кВ: 0.000 МВт / 0.000 млн.кВт\*г  
Сумарні втрати в ЛЕП: 5.485 МВт / 23.688 млн.кВт\*г

Втрати х.х. в трансформаторах: 0.466 МВт / 4.081 млн.кВт\*г  
Втрати нав. в трансформаторах: 0.453 МВт / 1.958 млн.кВт\*г  
Сумарні втрати в трансформаторах: 0.919 МВт / 6.039 млн.кВт\*г

СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 750-35 кВ: 6.404 МВт / 29.727 млн.кВт\*г (2.7%)

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВУЗЛИ

| N вузла | Назва           | Рнав,МВт | Qнав,МВАр | U, кВ   | Фаза, град |
|---------|-----------------|----------|-----------|---------|------------|
| 100     | Ладизинська ТЕС | -102.130 | -71.136   | 105.000 | 0.00       |
| 1       | Лукашівка       | 0.000    | 0.000     | 103.947 | -0.29      |
| 2       | Тростянець      | 0.000    | 0.000     | 100.390 | -1.25      |
| 3       | Соколівка       | 0.000    | 0.000     | 97.949  | -1.99      |
| 4       | Крижопіль       | 0.000    | 0.000     | 96.787  | -2.33      |
| 5       | Піщанка         | 0.000    | 0.000     | 94.658  | -2.90      |
| 6       | Попелюхи тяга   | 0.000    | 0.000     | 94.054  | -3.04      |
| 7       | Луги            | 0.000    | 0.000     | 94.492  | -2.79      |

|        |               |        |        |         |       |
|--------|---------------|--------|--------|---------|-------|
| 8      | Чечельник     | 0.000  | 0.000  | 94.802  | -2.62 |
| 9      | Бершадь       | -5.000 | -3.000 | 96.197  | -2.17 |
| 11     | Глибочок      | 0.000  | 0.000  | 100.404 | -1.27 |
| 10     | Сумівка       | 0.000  | 0.000  | 98.479  | -1.68 |
| 12     | Ферм З-д      | 0.000  | 0.000  | 104.574 | -0.12 |
| 13     | Суворівка     | 0.000  | 0.000  | 99.763  | -1.47 |
| 14     | Вапнярка тяга | 0.000  | 0.000  | 97.934  | -2.01 |
| 15     | Вапнярка      | 0.000  | 0.000  | 97.539  | -2.12 |
| 200    | Глибочок ГЕС  | -6.400 | -3.100 | 33.386  | -2.31 |
| 201    | Тростянець-35 | 0.000  | 0.000  | 32.112  | -3.64 |
| 202    | Ободівка      | 0.000  | 0.000  | 31.232  | -4.19 |
| 205    | Цибулівка     | 0.000  | 0.000  | 30.730  | -4.51 |
| 206    | Жабокрич      | 0.000  | 0.000  | 30.466  | -4.72 |
| 207    | Криклицевець  | 0.000  | 0.000  | 30.728  | -4.63 |
| 204    | Бершадь-35    | 0.000  | 0.000  | 34.260  | -7.19 |
| 203    | Баланівка     | 0.000  | 0.000  | 33.987  | -7.48 |
| 208    | Чорномин      | 0.000  | 0.000  | 30.460  | -5.33 |
| 401    |               | 0.000  | 0.000  | 34.413  | -7.07 |
| 209    | Молокозавод   | 0.000  | 0.000  | 34.413  | -7.07 |
| 210    | Михайлівка    | 0.000  | 0.000  | 34.027  | -7.47 |
| 211    | Ольгопіль     | 0.000  | 0.000  | 33.687  | -7.68 |
| 212    | Стратіївка    | 0.000  | 0.000  | 33.704  | -7.70 |
| 110    |               | 2.310  | 1.190  | 9.651   | -2.97 |
| 21101  |               | 0.000  | 0.000  | 96.539  | -3.74 |
| 2351   |               | 0.000  | 0.000  | 32.309  | -3.70 |
| 2101   |               | 4.930  | 2.670  | 9.108   | -4.96 |
| 21102  |               | 0.000  | 0.000  | 96.539  | -3.74 |
| 2352   |               | 0.000  | 0.000  | 32.309  | -3.70 |
| 2102   |               | 0.000  | 0.000  | 9.108   | -4.96 |
| 310    |               | 2.940  | 1.670  | 8.925   | -5.90 |
| 41101  |               | 0.000  | 0.000  | 94.851  | -4.10 |
| 4101   |               | 4.830  | 2.600  | 9.001   | -4.83 |
| 4351   |               | 0.000  | 0.000  | 31.743  | -4.09 |
| 41102  |               | 0.000  | 0.000  | 94.845  | -4.10 |
| 4352   |               | 0.000  | 0.000  | 31.743  | -4.09 |
| 4102   |               | 0.000  | 0.000  | 9.001   | -4.84 |
| 51101  |               | 0.000  | 0.000  | 92.269  | -5.11 |
| 5351   |               | 0.000  | 0.000  | 30.847  | -5.07 |
| 5101   |               | 4.720  | 2.800  | 8.795   | -5.21 |
| 51102  |               | 0.000  | 0.000  | 92.090  | -5.26 |
| 5352   |               | 0.000  | 0.000  | 30.847  | -5.07 |
| 5102   |               | 0.000  | 0.000  | 8.795   | -5.21 |
| 61101  |               | 0.000  | 0.000  | 92.305  | -4.58 |
| 6351   |               | 0.000  | 0.000  | 30.902  | -4.58 |
| 6101   |               | 13.650 | 8.460  | 8.726   | -5.55 |
| 61102  |               | 0.000  | 0.000  | 92.305  | -4.58 |
| 6352   |               | 0.000  | 0.000  | 30.902  | -4.58 |
| 6102   |               | 0.000  | 0.000  | 8.727   | -5.56 |
| 710    |               | 2.310  | 1.190  | 8.712   | -6.06 |
| 8110   |               | 0.000  | 0.000  | 102.268 | -7.10 |
| 835    |               | 0.000  | 0.000  | 34.046  | -7.52 |
| 810    |               | 5.980  | 3.230  | 9.767   | -7.05 |
| 91101  |               | 0.000  | 0.000  | 103.924 | -6.92 |
| 9351   |               | 0.000  | 0.000  | 34.681  | -6.84 |
| 9101   |               | 4.300  | 2.090  | 9.971   | -6.36 |
| 91102  |               | 0.000  | 0.000  | 104.394 | -6.39 |
| 9352   |               | 0.000  | 0.000  | 34.681  | -6.84 |
| 9102   |               | 0.000  | 0.000  | 9.971   | -6.36 |
| 1010   |               | 3.250  | 1.850  | 8.926   | -5.98 |
| 111101 |               | 0.000  | 0.000  | 99.677  | -2.29 |
| 11351  |               | 0.000  | 0.000  | 33.383  | -2.31 |
| 11101  |               | 3.150  | 1.850  | 9.432   | -3.18 |
| 111102 |               | 0.000  | 0.000  | 99.678  | -2.29 |
| 11352  |               | 0.000  | 0.000  | 33.383  | -2.31 |
| 11102  |               | 0.000  | 0.000  | 9.432   | -3.18 |
| 1210   |               | 9.130  | 4.930  | 9.271   | -2.79 |
| 13110  |               | 0.000  | 0.000  | 94.865  | -5.41 |
| 1310   |               | 2.940  | 1.670  | 8.812   | -7.85 |
| 1335   |               | 0.000  | 0.000  | 31.759  | -5.41 |
| 141101 |               | 0.000  | 0.000  | 96.349  | -3.36 |
| 14101  |               | 13.020 | 8.060  | 9.122   | -4.21 |

|        |         |       |         |       |
|--------|---------|-------|---------|-------|
| 141102 | 0.000   | 0.000 | 96.349  | -3.36 |
| 14102  | 0.000   | 0.000 | 9.123   | -4.21 |
| 1510   | 2.830   | 1.610 | 8.902   | -5.91 |
| 201101 | 1.680   | 0.960 | 9.959   | -4.65 |
| 201102 | 0.000   | 0.000 | 9.959   | -4.65 |
| 202101 | 1.570   | 0.810 | 9.726   | -4.98 |
| 202102 | 0.000   | 0.000 | 9.726   | -4.98 |
| 203101 | 1.150   | 0.620 | 10.563  | -8.33 |
| 203102 | 0.000   | 0.000 | 10.563  | -8.33 |
| 204101 | 2.620   | 1.490 | 10.647  | -8.08 |
| 204102 | 0.000   | 0.000 | 10.647  | -8.08 |
| 20510  | 1.990   | 1.190 | 9.302   | -7.19 |
| 20610  | 1.890   | 1.180 | 9.222   | -7.31 |
| 207101 | 1.260   | 0.640 | 9.519   | -5.78 |
| 207102 | 0.000   | 0.000 | 9.519   | -5.78 |
| 20810  | 1.680   | 0.900 | 9.299   | -7.64 |
| 20910  | 1.570   | 0.640 | 10.636  | -8.77 |
| 210101 | 1.260   | 0.640 | 10.575  | -8.40 |
| 210102 | 0.000   | 0.000 | 10.575  | -8.40 |
| 211101 | 1.470   | 0.910 | 10.415  | -8.78 |
| 211102 | 0.000   | 0.000 | 10.415  | -8.78 |
| 21210  | 1.360   | 0.730 | 10.396  | -9.21 |
| 14271  | 0.000   | 0.000 | 23.039  | -3.36 |
| 14272  | 0.000   | 0.000 | 23.039  | -3.36 |
| 101    | 0.000   | 0.000 | 100.449 | -1.24 |
| 102    | 0.000   | 0.000 | 100.347 | -1.26 |
| 103    | 0.000   | 0.000 | 104.615 | -0.11 |
| 104    | 0.000   | 0.000 | 97.539  | -2.12 |
| 901    | 11.590  | 5.610 | 95.302  | -2.51 |
| 903    | -12.270 | 0.000 | 94.999  | -2.45 |
| 902    | 8.050   | 4.350 | 95.001  | -2.53 |

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВІТКИ

| N початку | N кінця | Rп, МВт | Qп, МВАр | Rк, МВт | Qк, МВАр | dP, МВт | dQ, МВАр | I, кА  | dU, кВ |
|-----------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|--------|--------|
| 100       | 1       | 27.579  | 19.365   | 27.398  | 19.034   | 0.180   | 0.330    | 0.185  | 1.054  |
| 1         | 101     | 25.071  | 18.207   | 24.515  | 17.190   | 0.554   | 1.012    | 0.172  | 3.521  |
| 101       | 2       | 24.515  | 17.608   | 24.506  | 17.591   | 0.009   | 0.017    | 0.173  | 0.060  |
| 2         | 102     | 18.368  | 12.086   | 18.363  | 12.077   | 0.005   | 0.009    | 0.126  | 0.043  |
| 102       | 3       | 18.363  | 12.469   | 18.077  | 11.944   | 0.286   | 0.523    | 0.127  | 2.432  |
| 3         | 4       | 15.111  | 10.510   | 14.994  | 10.296   | 0.117   | 0.214    | 0.108  | 1.183  |
| 4         | 5       | 15.777  | 12.128   | 15.547  | 11.707   | 0.229   | 0.419    | 0.119  | 2.171  |
| 5         | 6       | 9.061   | 7.785    | 9.022   | 7.713    | 0.039   | 0.071    | 0.073  | 0.615  |
| 6         | 7       | -4.703  | -1.503   | -4.718  | -1.531   | 0.015   | 0.028    | -0.030 | -0.459 |
| 7         | 8       | -7.046  | -2.477   | -7.062  | -2.506   | 0.016   | 0.029    | -0.046 | -0.323 |
| 8         | 9       | -7.437  | -4.874   | -7.508  | -5.003   | 0.071   | 0.129    | -0.054 | -1.424 |
| 9         | 10      | -29.645 | -20.733  | -30.165 | -21.485  | 0.518   | 0.749    | -0.217 | -2.310 |
| 10        | 11      | -33.444 | -23.425  | -33.927 | -24.125  | 0.481   | 0.697    | -0.239 | -1.942 |
| 11        | 100     | -36.008 | -24.537  | -37.077 | -26.491  | 1.064   | 1.946    | -0.250 | -4.621 |
| 11        | 111101  | 0.794   | 0.300    | 0.793   | 0.284    | 0.001   | 0.016    | 0.005  | 0.782  |
| 111101    | 11351   | -0.426  | -0.457   | -0.426  | -0.457   | 0.000   | 0.000    | -0.004 | -0.035 |
| 11351     | 200     | -1.100  | -1.183   | -1.101  | -1.183   | 0.000   | 0.000    | -0.028 | -0.004 |
| 200       | 201     | 5.295   | 1.942    | 5.135   | 1.750    | 0.160   | 0.192    | 0.097  | 1.312  |
| 201       | 2351    | -1.141  | -2.056   | -1.151  | -2.068   | 0.009   | 0.011    | -0.042 | -0.195 |
| 21101     | 2351    | 0.577   | 1.028    | 0.576   | 1.028    | 0.001   | 0.000    | 0.007  | 0.028  |
| 2         | 21101   | 3.053   | 2.668    | 3.044   | 2.436    | 0.009   | 0.231    | 0.023  | 4.032  |
| 21101     | 2101    | 2.467   | 1.407    | 2.463   | 1.336    | 0.005   | 0.071    | 0.017  | 1.471  |
| 2101      | 2102    | -2.464  | -1.332   | -2.464  | -1.332   | 0.000   | 0.000    | -0.177 | -0.000 |
| 21102     | 2102    | 2.469   | 1.404    | 2.464   | 1.332    | 0.005   | 0.071    | 0.017  | 1.468  |
| 2         | 21102   | 3.053   | 2.668    | 3.044   | 2.436    | 0.009   | 0.231    | 0.023  | 4.032  |
| 21102     | 2352    | 0.576   | 1.032    | 0.575   | 1.032    | 0.001   | 0.000    | 0.007  | 0.028  |
| 2352      | 2351    | 0.575   | 1.032    | 0.575   | 1.032    | 0.000   | 0.000    | 0.021  | 0.000  |
| 201       | 202     | 4.583   | 2.791    | 4.484   | 2.672    | 0.099   | 0.119    | 0.096  | 0.899  |
| 202       | 205     | 2.901   | 1.792    | 2.864   | 1.747    | 0.037   | 0.044    | 0.063  | 0.514  |
| 205       | 206     | 0.855   | 0.426    | 0.849   | 0.419    | 0.006   | 0.007    | 0.018  | 0.273  |
| 206       | 207     | -1.058  | -0.881   | -1.066  | -0.891   | 0.008   | 0.009    | -0.026 | -0.265 |
| 207       | 4351    | -2.337  | -1.559   | -2.399  | -1.633   | 0.062   | 0.074    | -0.053 | -1.035 |
| 41101     | 4351    | 0.617   | 0.410    | 0.616   | 0.410    | 0.000   | 0.000    | 0.004  | 0.033  |



|        |        |        |        |        |        |       |       |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 4      | 41101  | 2.045  | 1.272  | 2.042  | 1.184  | 0.003 | 0.088 | 0.014  | 2.100  |
| 41101  | 4101   | 1.425  | 0.775  | 1.424  | 0.750  | 0.002 | 0.024 | 0.010  | 0.839  |
| 4101   | 4102   | -3.403 | -1.848 | -3.404 | -1.848 | 0.000 | 0.000 | -0.248 | -0.000 |
| 41102  | 4102   | 3.406  | 1.906  | 3.404  | 1.848  | 0.002 | 0.058 | 0.024  | 0.829  |
| 4      | 41102  | 5.195  | 3.324  | 5.189  | 3.098  | 0.006 | 0.225 | 0.037  | 2.106  |
| 41102  | 4352   | 1.783  | 1.192  | 1.782  | 1.192  | 0.001 | 0.000 | 0.013  | 0.026  |
| 4352   | 4351   | 1.782  | 1.192  | 1.782  | 1.192  | 0.000 | 0.000 | 0.039  | 0.000  |
| 207    | 207101 | 0.632  | 0.337  | 0.630  | 0.320  | 0.002 | 0.017 | 0.013  | 0.492  |
| 207101 | 207102 | -0.630 | -0.320 | -0.630 | -0.320 | 0.000 | 0.000 | -0.043 | -0.000 |
| 207    | 207102 | 0.632  | 0.337  | 0.630  | 0.320  | 0.002 | 0.017 | 0.013  | 0.492  |
| 202    | 202101 | 0.612  | 0.321  | 0.611  | 0.309  | 0.001 | 0.011 | 0.013  | 0.317  |
| 202101 | 202102 | -0.958 | -0.500 | -0.958 | -0.500 | 0.000 | 0.000 | -0.064 | -0.000 |
| 202    | 202102 | 0.960  | 0.518  | 0.958  | 0.500  | 0.002 | 0.018 | 0.020  | 0.316  |
| 201    | 201101 | 0.842  | 0.501  | 0.839  | 0.480  | 0.002 | 0.021 | 0.018  | 0.461  |
| 201101 | 201102 | -0.840 | -0.480 | -0.840 | -0.480 | 0.000 | 0.000 | -0.056 | -0.000 |
| 201    | 201102 | 0.842  | 0.501  | 0.840  | 0.480  | 0.002 | 0.021 | 0.018  | 0.461  |
| 11351  | 11352  | 0.674  | 0.727  | 0.674  | 0.727  | 0.000 | 0.000 | 0.017  | 0.000  |
| 111102 | 11352  | -0.674 | -0.727 | -0.674 | -0.727 | 0.001 | 0.000 | -0.006 | -0.034 |
| 11     | 111102 | 1.261  | 0.476  | 1.260  | 0.451  | 0.001 | 0.026 | 0.008  | 0.780  |
| 111102 | 11102  | 1.933  | 1.178  | 1.931  | 1.135  | 0.003 | 0.042 | 0.013  | 1.141  |
| 11102  | 11101  | 1.931  | 1.135  | 1.931  | 1.135  | 0.000 | 0.000 | 0.137  | 0.000  |
| 111101 | 11101  | 1.219  | 0.740  | 1.217  | 0.713  | 0.002 | 0.027 | 0.008  | 1.142  |
| 9      | 91101  | 5.241  | 3.225  | 5.219  | 2.643  | 0.022 | 0.580 | 0.037  | 5.341  |
| 91101  | 9351   | 6.532  | 2.952  | 6.507  | 2.952  | 0.025 | 0.000 | 0.040  | 0.312  |
| 9351   | 9352   | -1.642 | -1.457 | -1.642 | -1.457 | 0.000 | 0.000 | -0.036 | -0.000 |
| 91102  | 9352   | 1.643  | 1.481  | 1.642  | 1.457  | 0.001 | 0.024 | 0.012  | 0.890  |
| 9      | 91102  | 7.286  | 4.624  | 7.264  | 3.892  | 0.022 | 0.729 | 0.052  | 4.832  |
| 91102  | 9102   | 5.621  | 2.411  | 5.611  | 2.411  | 0.009 | 0.000 | 0.034  | 0.138  |
| 9102   | 9101   | 5.611  | 2.411  | 5.611  | 2.411  | 0.000 | 0.000 | 0.353  | 0.001  |
| 91101  | 9101   | -1.313 | -0.309 | -1.314 | -0.323 | 0.001 | 0.014 | -0.007 | -0.434 |
| 9351   | 401    | 4.376  | 2.322  | 4.351  | 2.286  | 0.024 | 0.035 | 0.082  | 0.282  |
| 401    | 210    | 2.770  | 1.581  | 2.750  | 1.544  | 0.020 | 0.037 | 0.053  | 0.414  |
| 210    | 211    | 1.479  | 0.864  | 1.468  | 0.850  | 0.012 | 0.014 | 0.029  | 0.353  |
| 211    | 212    | -0.015 | -0.108 | -0.015 | -0.108 | 0.000 | 0.000 | -0.002 | -0.015 |
| 212    | 835    | -1.385 | -0.880 | -1.396 | -0.893 | 0.011 | 0.013 | -0.028 | -0.354 |
| 8110   | 835    | 1.464  | 1.018  | 1.463  | 1.001  | 0.001 | 0.016 | 0.010  | 0.661  |
| 8      | 8110   | 7.477  | 5.072  | 7.452  | 4.246  | 0.025 | 0.823 | 0.055  | 5.397  |
| 203    | 203101 | 0.576  | 0.322  | 0.575  | 0.310  | 0.002 | 0.012 | 0.011  | 0.441  |
| 203101 | 203102 | -0.575 | -0.310 | -0.575 | -0.310 | 0.000 | 0.000 | -0.036 | -0.000 |
| 203    | 203102 | 0.576  | 0.322  | 0.575  | 0.310  | 0.002 | 0.012 | 0.011  | 0.441  |
| 835    | 203    | 0.067  | 0.169  | 0.067  | 0.169  | 0.000 | 0.000 | 0.003  | 0.057  |
| 203    | 204    | -1.094 | -0.453 | -1.100 | -0.462 | 0.006 | 0.009 | -0.020 | -0.293 |
| 204    | 9351   | -3.740 | -2.060 | -3.773 | -2.108 | 0.033 | 0.048 | -0.072 | -0.443 |
| 204    | 204101 | 1.312  | 0.774  | 1.309  | 0.745  | 0.003 | 0.029 | 0.026  | 0.447  |
| 204101 | 204102 | -1.309 | -0.744 | -1.309 | -0.744 | 0.000 | 0.000 | -0.082 | -0.000 |
| 204    | 204102 | 1.312  | 0.773  | 1.309  | 0.744  | 0.003 | 0.029 | 0.026  | 0.447  |
| 211    | 211101 | 0.738  | 0.476  | 0.734  | 0.455  | 0.003 | 0.022 | 0.015  | 0.631  |
| 211101 | 211102 | -0.735 | -0.455 | -0.735 | -0.455 | 0.000 | 0.000 | -0.048 | -0.000 |
| 211    | 211102 | 0.738  | 0.476  | 0.735  | 0.455  | 0.003 | 0.022 | 0.015  | 0.631  |
| 210    | 210101 | 0.859  | 0.470  | 0.857  | 0.451  | 0.002 | 0.019 | 0.017  | 0.450  |
| 210101 | 210102 | -0.402 | -0.188 | -0.402 | -0.188 | 0.000 | 0.000 | -0.024 | -0.000 |
| 210    | 210102 | 0.404  | 0.197  | 0.402  | 0.188  | 0.001 | 0.009 | 0.008  | 0.450  |
| 9      | 901    | 14.573 | 11.506 | 14.504 | 11.313 | 0.068 | 0.192 | 0.111  | 0.917  |
| 901    | 902    | 2.922  | 6.030  | 2.915  | 6.010  | 0.007 | 0.020 | 0.041  | 0.302  |
| 902    | 903    | -5.130 | 1.881  | -5.133 | 1.874  | 0.003 | 0.007 | -0.033 | -0.005 |
| 903    | 8      | 7.129  | 2.093  | 7.121  | 2.068  | 0.009 | 0.025 | 0.045  | 0.209  |
| 61101  | 6351   | 0.009  | -0.018 | 0.009  | -0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 6351   | 6352   | 0.009  | -0.018 | 0.009  | -0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 61102  | 6352   | -0.009 | 0.018  | -0.009 | 0.018  | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 61102  | 6102   | 6.837  | 4.376  | 6.831  | 4.209  | 0.006 | 0.166 | 0.051  | 1.201  |
| 6102   | 6101   | 6.831  | 4.209  | 6.830  | 4.209  | 0.000 | 0.000 | 0.530  | 0.001  |
| 61101  | 6101   | 6.818  | 4.412  | 6.811  | 4.245  | 0.006 | 0.166 | 0.051  | 1.209  |
| 6      | 61101  | 6.833  | 4.662  | 6.827  | 4.394  | 0.006 | 0.268 | 0.051  | 1.911  |
| 6      | 61102  | 6.834  | 4.663  | 6.828  | 4.394  | 0.006 | 0.268 | 0.051  | 1.911  |
| 51102  | 5352   | -0.510 | -0.061 | -0.510 | -0.062 | 0.000 | 0.002 | -0.003 | -0.077 |
| 5352   | 5351   | -0.510 | -0.062 | -0.510 | -0.062 | 0.000 | 0.000 | -0.010 | -0.000 |
| 51101  | 5351   | 2.225  | 1.072  | 2.221  | 1.072  | 0.004 | 0.000 | 0.015  | 0.122  |
| 51101  | 5101   | 0.199  | 0.341  | 0.199  | 0.340  | 0.000 | 0.002 | 0.002  | 0.330  |
| 5101   | 5102   | -4.518 | -2.458 | -4.518 | -2.458 | 0.000 | 0.000 | -0.337 | -0.000 |
| 51102  | 5102   | 4.527  | 2.458  | 4.518  | 2.458  | 0.008 | 0.000 | 0.032  | 0.126  |
| 5      | 51102  | 4.023  | 2.633  | 4.016  | 2.398  | 0.007 | 0.234 | 0.029  | 2.834  |

|        |        |         |         |         |         |       |       |        |        |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|--------|--------|
| 5      | 51101  | 2.429   | 1.545   | 2.424   | 1.413   | 0.005 | 0.131 | 0.018  | 2.635  |
| 141101 | 14101  | 6.502   | 4.183   | 6.497   | 4.045   | 0.005 | 0.138 | 0.046  | 1.071  |
| 14101  | 14102  | -6.515  | -4.010  | -6.515  | -4.010  | 0.000 | 0.000 | -0.483 | -0.001 |
| 141102 | 14102  | 6.521   | 4.149   | 6.515   | 4.010   | 0.005 | 0.138 | 0.046  | 1.063  |
| 141102 | 14272  | -0.009  | 0.017   | -0.009  | 0.017   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 14272  | 14271  | -0.009  | 0.017   | -0.009  | 0.017   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 141101 | 14271  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 14     | 141101 | 6.516   | 4.389   | 6.511   | 4.166   | 0.005 | 0.223 | 0.046  | 1.691  |
| 14     | 141102 | 6.517   | 4.390   | 6.512   | 4.166   | 0.005 | 0.223 | 0.046  | 1.691  |
| 4      | 104    | -8.060  | -5.878  | -8.101  | -5.953  | 0.041 | 0.075 | -0.059 | -0.765 |
| 104    | 14     | -10.955 | -7.544  | -10.984 | -7.597  | 0.029 | 0.053 | -0.079 | -0.402 |
| 14     | 13     | -24.080 | -16.453 | -24.372 | -16.988 | 0.291 | 0.533 | -0.172 | -1.856 |
| 13     | 103    | -27.344 | -18.470 | -28.205 | -20.045 | 0.858 | 1.568 | -0.191 | -4.885 |
| 103    | 100    | -37.385 | -25.116 | -37.474 | -25.280 | 0.089 | 0.163 | -0.248 | -0.385 |
| 7      | 710    | 2.320   | 1.369   | 2.309   | 1.189   | 0.012 | 0.179 | 0.016  | 3.803  |
| 209    | 20910  | 1.575   | 0.697   | 1.569   | 0.640   | 0.006 | 0.057 | 0.029  | 0.702  |
| 8110   | 810    | 5.988   | 3.228   | 5.976   | 3.228   | 0.012 | 0.000 | 0.038  | 0.147  |
| 212    | 21210  | 1.365   | 0.780   | 1.359   | 0.730   | 0.006 | 0.050 | 0.027  | 0.747  |
| 206    | 20610  | 1.904   | 1.312   | 1.889   | 1.179   | 0.015 | 0.132 | 0.044  | 1.255  |
| 5351   | 208    | 1.711   | 1.026   | 1.694   | 1.006   | 0.017 | 0.020 | 0.037  | 0.398  |
| 208    | 20810  | 1.690   | 0.995   | 1.679   | 0.899   | 0.011 | 0.095 | 0.037  | 1.000  |
| 401    | 209    | 1.581   | 0.732   | 1.581   | 0.732   | 0.000 | 0.000 | 0.029  | 0.001  |
| 205    | 20510  | 2.004   | 1.330   | 1.989   | 1.189   | 0.016 | 0.140 | 0.045  | 1.268  |
| 10     | 1010   | 3.271   | 2.203   | 3.248   | 1.849   | 0.023 | 0.352 | 0.023  | 5.623  |
| 104    | 15     | 2.854   | 1.928   | 2.854   | 1.928   | 0.000 | 0.000 | 0.020  | 0.000  |
| 15     | 1510   | 2.846   | 1.879   | 2.828   | 1.609   | 0.018 | 0.269 | 0.020  | 4.901  |
| 103    | 12     | 9.180   | 5.679   | 9.177   | 5.676   | 0.003 | 0.003 | 0.059  | 0.040  |
| 12     | 1210   | 9.151   | 5.507   | 9.124   | 4.927   | 0.026 | 0.577 | 0.059  | 3.159  |
| 13     | 13110  | 2.961   | 2.149   | 2.950   | 1.846   | 0.012 | 0.303 | 0.021  | 5.288  |
| 13110  | 1310   | 2.950   | 1.846   | 2.938   | 1.669   | 0.012 | 0.176 | 0.021  | 3.180  |
| 13110  | 1335   | -0.000  | 0.000   | -0.000  | 0.000   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 3      | 310    | 2.957   | 1.958   | 2.938   | 1.669   | 0.019 | 0.288 | 0.021  | 5.070  |
| 1      | 110    | 2.318   | 1.335   | 2.309   | 1.189   | 0.010 | 0.146 | 0.015  | 3.184  |

### ДОДАТОК В.3

## РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ МІНІМАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІСЛЯ РОЗВИТКУ ЕМ

#### ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Тривалість звітного періоду: 5600.0 год  
Час втрат: 4318.9 год

Отримано потужн./ел.енерг.: 126.668 МВт / 1109.612 млн.кВт\*г  
Відпущено потужн./ел.енерг.: 119.430 МВт / 1046.207 млн.кВт\*г

Втрати в ЛЕП 220-35 кВ: 6.335 МВт / 27.361 млн.кВт\*г  
Втрати в ЛЕП 750-330 кВ: 0.000 МВт / 0.000 млн.кВт\*г  
Сумарні втрати в ЛЕП: 6.335 МВт / 27.361 млн.кВт\*г

Втрати х.х. в трансформаторах: 0.412 МВт / 3.609 млн.кВт\*г  
Втрати нав. в трансформаторах: 0.520 МВт / 2.248 млн.кВт\*г  
Сумарні втрати в трансформаторах: 0.932 МВт / 5.857 млн.кВт\*г

СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 750-35 кВ: 7.268 МВт / 33.218 млн.кВт\*г (3.0%)

#### ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВУЗЛИ

| N вузла | Назва           | Рнав,МВт | Qнав,МВАр | U, кВ   | Фаза, град |
|---------|-----------------|----------|-----------|---------|------------|
| 100     | Ладизинська ТЕС | -102.998 | -74.600   | 100.000 | 0.00       |
| 1       | Лукашівка       | 0.000    | 0.000     | 98.860  | -0.31      |
| 2       | Тростянець      | 0.000    | 0.000     | 95.007  | -1.36      |
| 3       | Соколівка       | 0.000    | 0.000     | 92.367  | -2.17      |
| 4       | Крижопіль       | 0.000    | 0.000     | 91.113  | -2.56      |
| 5       | Піщанка         | 0.000    | 0.000     | 88.804  | -3.19      |
| 6       | Попелюхи тяга   | 0.000    | 0.000     | 88.147  | -3.34      |

|        |               |        |        |        |       |
|--------|---------------|--------|--------|--------|-------|
| 7      | Луги          | 0.000  | 0.000  | 88.605 | -3.06 |
| 8      | Чечельник     | 0.000  | 0.000  | 88.936 | -2.86 |
| 9      | Бершадь       | -5.000 | -3.000 | 90.447 | -2.37 |
| 11     | Глибочок      | 0.000  | 0.000  | 95.004 | -1.39 |
| 10     | Сумівка       | 0.000  | 0.000  | 92.919 | -1.83 |
| 12     | Ферм 3-д      | 0.000  | 0.000  | 99.543 | -0.13 |
| 13     | Суворівка     | 0.000  | 0.000  | 94.339 | -1.61 |
| 14     | Вапнярка тяга | 0.000  | 0.000  | 92.367 | -2.20 |
| 15     | Вапнярка      | 0.000  | 0.000  | 91.936 | -2.33 |
| 200    | Глибочок ГЕС  | -6.400 | -3.100 | 31.548 | -2.56 |
| 201    | Тростянець-35 | 0.000  | 0.000  | 30.187 | -4.05 |
| 202    | Ободівка      | 0.000  | 0.000  | 29.241 | -4.67 |
| 205    | Цибулівка     | 0.000  | 0.000  | 28.698 | -5.02 |
| 206    | Жабокрич      | 0.000  | 0.000  | 28.412 | -5.27 |
| 207    | Криклицевець  | 0.000  | 0.000  | 28.696 | -5.17 |
| 204    | Бершадь-35    | 0.000  | 0.000  | 31.866 | -8.10 |
| 203    | Баланівка     | 0.000  | 0.000  | 31.570 | -8.44 |
| 208    | Чорномин      | 0.000  | 0.000  | 28.401 | -5.96 |
| 401    |               | 0.000  | 0.000  | 32.031 | -7.97 |
| 209    | Молокозавод   | 0.000  | 0.000  | 32.030 | -7.97 |
| 210    | Михайлівка    | 0.000  | 0.000  | 31.613 | -8.43 |
| 211    | Ольгопіль     | 0.000  | 0.000  | 31.245 | -8.68 |
| 212    | Стратіївка    | 0.000  | 0.000  | 31.263 | -8.70 |
| 110    |               | 2.310  | 1.190  | 9.147  | -3.29 |
| 21101  |               | 0.000  | 0.000  | 90.845 | -4.16 |
| 2351   |               | 0.000  | 0.000  | 30.402 | -4.13 |
| 2101   |               | 4.930  | 2.670  | 8.554  | -5.55 |
| 21102  |               | 0.000  | 0.000  | 90.845 | -4.16 |
| 2352   |               | 0.000  | 0.000  | 30.402 | -4.13 |
| 2102   |               | 0.000  | 0.000  | 8.555  | -5.55 |
| 310    |               | 2.940  | 1.670  | 8.358  | -6.61 |
| 41101  |               | 0.000  | 0.000  | 89.022 | -4.57 |
| 4101   |               | 4.830  | 2.600  | 8.438  | -5.40 |
| 4351   |               | 0.000  | 0.000  | 29.791 | -4.55 |
| 41102  |               | 0.000  | 0.000  | 89.015 | -4.57 |
| 4352   |               | 0.000  | 0.000  | 29.791 | -4.55 |
| 4102   |               | 0.000  | 0.000  | 8.439  | -5.40 |
| 51101  |               | 0.000  | 0.000  | 86.220 | -5.72 |
| 5351   |               | 0.000  | 0.000  | 28.819 | -5.67 |
| 5101   |               | 4.720  | 2.800  | 8.215  | -5.83 |
| 51102  |               | 0.000  | 0.000  | 86.033 | -5.88 |
| 5352   |               | 0.000  | 0.000  | 28.819 | -5.67 |
| 5102   |               | 0.000  | 0.000  | 8.215  | -5.83 |
| 61101  |               | 0.000  | 0.000  | 86.261 | -5.10 |
| 6351   |               | 0.000  | 0.000  | 28.879 | -5.10 |
| 6101   |               | 13.650 | 8.460  | 8.140  | -6.22 |
| 61102  |               | 0.000  | 0.000  | 86.261 | -5.10 |
| 6352   |               | 0.000  | 0.000  | 28.879 | -5.10 |
| 6102   |               | 0.000  | 0.000  | 8.141  | -6.22 |
| 710    |               | 2.310  | 1.190  | 8.123  | -6.80 |
| 8110   |               | 0.000  | 0.000  | 95.114 | -8.00 |
| 835    |               | 0.000  | 0.000  | 31.633 | -8.48 |
| 810    |               | 5.980  | 3.230  | 9.081  | -7.94 |
| 91101  |               | 0.000  | 0.000  | 96.898 | -7.80 |
| 9351   |               | 0.000  | 0.000  | 32.320 | -7.70 |
| 9101   |               | 4.300  | 2.090  | 9.302  | -7.15 |
| 91102  |               | 0.000  | 0.000  | 97.414 | -7.19 |
| 9352   |               | 0.000  | 0.000  | 32.320 | -7.70 |
| 9102   |               | 0.000  | 0.000  | 9.302  | -7.15 |
| 1010   |               | 3.250  | 1.850  | 8.357  | -6.70 |
| 111101 |               | 0.000  | 0.000  | 94.183 | -2.53 |
| 11351  |               | 0.000  | 0.000  | 31.544 | -2.56 |
| 11101  |               | 3.150  | 1.850  | 8.900  | -3.54 |
| 111102 |               | 0.000  | 0.000  | 94.184 | -2.53 |
| 11352  |               | 0.000  | 0.000  | 31.544 | -2.56 |
| 11102  |               | 0.000  | 0.000  | 8.900  | -3.54 |
| 1210   |               | 9.130  | 4.930  | 8.795  | -3.08 |
| 13110  |               | 0.000  | 0.000  | 89.022 | -6.05 |
| 1310   |               | 2.940  | 1.670  | 8.233  | -8.83 |
| 1335   |               | 0.000  | 0.000  | 29.803 | -6.05 |
| 141101 |               | 0.000  | 0.000  | 90.672 | -3.72 |
| 14101  |               | 13.020 | 8.060  | 8.573  | -4.68 |
| 141102 |               | 0.000  | 0.000  | 90.672 | -3.72 |
| 14102  |               | 0.000  | 0.000  | 8.574  | -4.69 |
| 1510   |               | 2.830  | 1.610  | 8.334  | -6.62 |
| 201101 |               | 1.680  | 0.960  | 9.346  | -5.20 |
| 201102 |               | 0.000  | 0.000  | 9.346  | -5.20 |
| 202101 |               | 1.570  | 0.810  | 9.094  | -5.57 |
| 202102 |               | 0.000  | 0.000  | 9.094  | -5.57 |
| 203101 |               | 1.150  | 0.620  | 9.794  | -9.43 |

|        |         |       |        |        |
|--------|---------|-------|--------|--------|
| 203102 | 0.000   | 0.000 | 9.794  | -9.43  |
| 204101 | 2.620   | 1.490 | 9.885  | -9.13  |
| 204102 | 0.000   | 0.000 | 9.886  | -9.14  |
| 20510  | 1.990   | 1.190 | 8.635  | -8.12  |
| 20610  | 1.890   | 1.180 | 8.548  | -8.26  |
| 207101 | 1.260   | 0.640 | 8.870  | -6.48  |
| 207102 | 0.000   | 0.000 | 8.870  | -6.48  |
| 20810  | 1.680   | 0.900 | 8.630  | -8.63  |
| 20910  | 1.570   | 0.640 | 9.873  | -9.93  |
| 210101 | 1.260   | 0.640 | 9.807  | -9.51  |
| 210102 | 0.000   | 0.000 | 9.807  | -9.51  |
| 211101 | 1.470   | 0.910 | 9.634  | -9.95  |
| 211102 | 0.000   | 0.000 | 9.634  | -9.95  |
| 21210  | 1.360   | 0.730 | 9.612  | -10.46 |
| 14271  | 0.000   | 0.000 | 21.682 | -3.72  |
| 14272  | 0.000   | 0.000 | 21.682 | -3.72  |
| 101    | 0.000   | 0.000 | 95.071 | -1.35  |
| 102    | 0.000   | 0.000 | 94.961 | -1.38  |
| 103    | 0.000   | 0.000 | 99.585 | -0.12  |
| 104    | 0.000   | 0.000 | 91.936 | -2.33  |
| 901    | 11.590  | 5.610 | 89.483 | -2.75  |
| 903    | -12.270 | 0.000 | 89.151 | -2.68  |
| 902    | 8.050   | 4.350 | 89.155 | -2.77  |

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВІТКИ

| N початку                                                   | N кінця | Рп,МВт  | Qп,МВАр | Рк,МВт  | Qк,МВАр | dP,МВт | dQ,МВАр | I,кА   | dU,кВ  |
|-------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- |         |         |         |         |         |        |         |        |        |
| 100                                                         | 1       | 27.808  | 20.334  | 27.599  | 19.953  | 0.208  | 0.380   | 0.199  | 1.142  |
| 1                                                           | 101     | 25.272  | 19.060  | 24.630  | 17.888  | 0.639  | 1.168   | 0.185  | 3.814  |
| 101                                                         | 2       | 24.630  | 18.262  | 24.619  | 18.242  | 0.011  | 0.020   | 0.186  | 0.065  |
| 2                                                           | 102     | 18.460  | 12.615  | 18.454  | 12.604  | 0.006  | 0.011   | 0.136  | 0.046  |
| 102                                                         | 3       | 18.454  | 12.955  | 18.123  | 12.350  | 0.329  | 0.602   | 0.137  | 2.633  |
| 3                                                           | 4       | 15.156  | 10.818  | 15.021  | 10.571  | 0.134  | 0.246   | 0.116  | 1.278  |
| 4                                                           | 5       | 15.839  | 12.532  | 15.572  | 12.043  | 0.266  | 0.487   | 0.128  | 2.356  |
| 5                                                           | 6       | 9.082   | 8.015   | 9.037   | 7.931   | 0.046  | 0.083   | 0.079  | 0.669  |
| 6                                                           | 7       | -4.685  | -1.428  | -4.702  | -1.459  | 0.017  | 0.031   | -0.032 | -0.482 |
| 7                                                           | 8       | -7.031  | -2.483  | -7.049  | -2.516  | 0.018  | 0.033   | -0.049 | -0.346 |
| 8                                                           | 9       | -7.442  | -5.015  | -7.524  | -5.165  | 0.082  | 0.150   | -0.058 | -1.544 |
| 9                                                           | 10      | -29.685 | -21.460 | -30.287 | -22.333 | 0.600  | 0.869   | -0.233 | -2.502 |
| 10                                                          | 11      | -33.569 | -24.351 | -34.129 | -25.162 | 0.557  | 0.807   | -0.257 | -2.104 |
| 11                                                          | 100     | -36.231 | -25.670 | -37.470 | -27.937 | 1.234  | 2.257   | -0.269 | -5.024 |
| 11                                                          | 111101  | 0.803   | 0.322   | 0.802   | 0.304   | 0.001  | 0.019   | 0.005  | 0.885  |
| 111101                                                      | 11351   | -0.417  | -0.440  | -0.417  | -0.440  | 0.000  | 0.000   | -0.004 | -0.037 |
| 11351                                                       | 200     | -1.078  | -1.140  | -1.078  | -1.140  | 0.000  | 0.000   | -0.029 | -0.004 |
| 200                                                         | 201     | 5.318   | 1.983   | 5.136   | 1.764   | 0.181  | 0.218   | 0.104  | 1.404  |
| 201                                                         | 2351    | -1.161  | -2.106  | -1.172  | -2.120  | 0.011  | 0.013   | -0.046 | -0.211 |
| 21101                                                       | 2351    | 0.588   | 1.055   | 0.587   | 1.055   | 0.001  | 0.000   | 0.008  | 0.030  |
| 2                                                           | 21101   | 3.066   | 2.738   | 3.056   | 2.472   | 0.010  | 0.265   | 0.025  | 4.375  |
| 21101                                                       | 2101    | 2.468   | 1.417   | 2.463   | 1.336   | 0.005  | 0.081   | 0.018  | 1.587  |
| 2101                                                        | 2102    | -2.464  | -1.332  | -2.464  | -1.332  | 0.000  | 0.000   | -0.189 | -0.000 |
| 21102                                                       | 2102    | 2.469   | 1.414   | 2.464   | 1.332   | 0.005  | 0.081   | 0.018  | 1.584  |
| 2                                                           | 21102   | 3.066   | 2.738   | 3.056   | 2.472   | 0.010  | 0.265   | 0.025  | 4.375  |
| 21102                                                       | 2352    | 0.586   | 1.058   | 0.586   | 1.058   | 0.001  | 0.000   | 0.008  | 0.030  |
| 2352                                                        | 2351    | 0.586   | 1.058   | 0.586   | 1.058   | 0.000  | 0.000   | 0.023  | 0.000  |
| 201                                                         | 202     | 4.605   | 2.851   | 4.490   | 2.713   | 0.114  | 0.137   | 0.103  | 0.968  |
| 202                                                         | 205     | 2.908   | 1.835   | 2.865   | 1.783   | 0.043  | 0.051   | 0.068  | 0.556  |
| 205                                                         | 206     | 0.854   | 0.438   | 0.848   | 0.430   | 0.007  | 0.008   | 0.019  | 0.296  |
| 206                                                         | 207     | -1.062  | -0.894  | -1.071  | -0.905  | 0.009  | 0.011   | -0.028 | -0.287 |
| 207                                                         | 4351    | -2.342  | -1.579  | -2.413  | -1.665  | 0.071  | 0.086   | -0.057 | -1.117 |
| 41101                                                       | 4351    | 0.621   | 0.419   | 0.621   | 0.419   | 0.000  | 0.000   | 0.005  | 0.035  |
| 4                                                           | 41101   | 2.050   | 1.298   | 2.047   | 1.197   | 0.004  | 0.101   | 0.015  | 2.283  |
| 41101                                                       | 4101    | 1.425   | 0.778   | 1.424   | 0.751   | 0.002  | 0.027   | 0.011  | 0.907  |
| 4101                                                        | 4102    | -3.403  | -1.848  | -3.404  | -1.848  | 0.000  | 0.000   | -0.265 | -0.000 |
| 41102                                                       | 4102    | 3.406   | 1.914   | 3.404   | 1.848   | 0.003  | 0.066   | 0.025  | 0.896  |
| 4                                                           | 41102   | 5.207   | 3.390   | 5.200   | 3.132   | 0.007  | 0.257   | 0.039  | 2.290  |
| 41102                                                       | 4352    | 1.793   | 1.218   | 1.792   | 1.218   | 0.001  | 0.000   | 0.014  | 0.028  |
| 4352                                                        | 4351    | 1.792   | 1.218   | 1.792   | 1.218   | 0.000  | 0.000   | 0.042  | 0.000  |
| 207                                                         | 207101  | 0.632   | 0.340   | 0.630   | 0.320   | 0.003  | 0.020   | 0.014  | 0.535  |
| 207101                                                      | 207102  | -0.630  | -0.320  | -0.630  | -0.320  | 0.000  | 0.000   | -0.046 | -0.000 |
| 207                                                         | 207102  | 0.633   | 0.340   | 0.630   | 0.320   | 0.003  | 0.020   | 0.014  | 0.535  |
| 202                                                         | 202101  | 0.613   | 0.322   | 0.611   | 0.309   | 0.001  | 0.013   | 0.014  | 0.343  |
| 202101                                                      | 202102  | -0.958  | -0.500  | -0.958  | -0.500  | 0.000  | 0.000   | -0.068 | -0.000 |
| 202                                                         | 202102  | 0.960   | 0.520   | 0.958   | 0.500   | 0.002  | 0.020   | 0.022  | 0.343  |
| 201                                                         | 201101  | 0.842   | 0.504   | 0.839   | 0.480   | 0.003  | 0.024   | 0.019  | 0.497  |
| 201101                                                      | 201102  | -0.840  | -0.480  | -0.840  | -0.480  | 0.000  | 0.000   | -0.060 | -0.000 |
| 201                                                         | 201102  | 0.842   | 0.504   | 0.840   | 0.480   | 0.003  | 0.024   | 0.019  | 0.496  |
| 11351                                                       | 11352   | 0.661   | 0.701   | 0.661   | 0.701   | 0.000  | 0.000   | 0.018  | 0.000  |

|        |        |         |         |         |         |       |       |        |        |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|--------|--------|
| 111102 | 11352  | -0.660  | -0.701  | -0.661  | -0.701  | 0.001 | 0.000 | -0.006 | -0.035 |
| 11     | 111102 | 1.275   | 0.512   | 1.274   | 0.483   | 0.001 | 0.030 | 0.008  | 0.884  |
| 111102 | 11102  | 1.934   | 1.183   | 1.931   | 1.135   | 0.003 | 0.048 | 0.014  | 1.219  |
| 11102  | 11101  | 1.931   | 1.135   | 1.931   | 1.135   | 0.000 | 0.000 | 0.145  | 0.000  |
| 111101 | 11101  | 1.219   | 0.744   | 1.217   | 0.713   | 0.002 | 0.030 | 0.009  | 1.220  |
| 9      | 91101  | 5.255   | 3.339   | 5.230   | 2.665   | 0.025 | 0.671 | 0.040  | 5.888  |
| 91101  | 9351   | 6.550   | 2.986   | 6.520   | 2.986   | 0.029 | 0.000 | 0.043  | 0.332  |
| 9351   | 9352   | -1.647  | -1.478  | -1.647  | -1.478  | 0.000 | 0.000 | -0.039 | -0.000 |
| 91102  | 9352   | 1.648   | 1.506   | 1.647   | 1.478   | 0.001 | 0.028 | 0.013  | 0.979  |
| 9      | 91102  | 7.302   | 4.779   | 7.277   | 3.932   | 0.025 | 0.844 | 0.056  | 5.320  |
| 91102  | 9102   | 5.629   | 2.426   | 5.618   | 2.426   | 0.011 | 0.000 | 0.036  | 0.147  |
| 9102   | 9101   | 5.618   | 2.426   | 5.618   | 2.426   | 0.000 | 0.000 | 0.379  | 0.001  |
| 91101  | 9101   | -1.319  | -0.321  | -1.320  | -0.337  | 0.001 | 0.016 | -0.008 | -0.493 |
| 9351   | 401    | 4.387   | 2.355   | 4.358   | 2.314   | 0.028 | 0.041 | 0.089  | 0.307  |
| 401    | 210    | 2.777   | 1.600   | 2.753   | 1.557   | 0.023 | 0.043 | 0.058  | 0.450  |
| 210    | 211    | 1.483   | 0.875   | 1.469   | 0.858   | 0.014 | 0.016 | 0.031  | 0.383  |
| 211    | 212    | -0.013  | -0.107  | -0.014  | -0.107  | 0.000 | 0.000 | 0.002  | -0.015 |
| 212    | 835    | -1.384  | -0.888  | -1.397  | -0.903  | 0.013 | 0.016 | -0.030 | -0.384 |
| 8110   | 835    | 1.461   | 1.039   | 1.460   | 1.019   | 0.001 | 0.019 | 0.011  | 0.733  |
| 8      | 8110   | 7.480   | 5.224   | 7.452   | 4.267   | 0.028 | 0.954 | 0.059  | 5.940  |
| 203    | 203101 | 0.577   | 0.324   | 0.575   | 0.310   | 0.002 | 0.014 | 0.012  | 0.485  |
| 203101 | 203102 | -0.575  | -0.310  | -0.575  | -0.310  | 0.000 | 0.000 | -0.038 | -0.000 |
| 203    | 203102 | 0.577   | 0.324   | 0.575   | 0.310   | 0.002 | 0.014 | 0.012  | 0.485  |
| 835    | 203    | 0.064   | 0.168   | 0.063   | 0.168   | 0.000 | 0.000 | 0.003  | 0.059  |
| 203    | 204    | -1.097  | -0.461  | -1.104  | -0.472  | 0.007 | 0.011 | -0.022 | -0.320 |
| 204    | 9351   | -3.742  | -2.071  | -3.781  | -2.127  | 0.038 | 0.056 | -0.077 | -0.480 |
| 204    | 204101 | 1.312   | 0.778   | 1.309   | 0.745   | 0.003 | 0.033 | 0.028  | 0.491  |
| 204101 | 204102 | -1.309  | -0.744  | -1.309  | -0.744  | 0.000 | 0.000 | -0.088 | -0.000 |
| 204    | 204102 | 1.313   | 0.778   | 1.309   | 0.744   | 0.003 | 0.033 | 0.028  | 0.491  |
| 211    | 211101 | 0.738   | 0.480   | 0.734   | 0.455   | 0.004 | 0.025 | 0.016  | 0.695  |
| 211101 | 211102 | -0.735  | -0.455  | -0.735  | -0.455  | 0.000 | 0.000 | -0.052 | -0.000 |
| 211    | 211102 | 0.738   | 0.480   | 0.735   | 0.455   | 0.004 | 0.025 | 0.016  | 0.694  |
| 210    | 210101 | 0.859   | 0.473   | 0.857   | 0.451   | 0.002 | 0.022 | 0.018  | 0.495  |
| 210101 | 210102 | -0.402  | -0.188  | -0.402  | -0.188  | 0.000 | 0.000 | -0.026 | -0.000 |
| 210    | 210102 | 0.404   | 0.199   | 0.402   | 0.188   | 0.002 | 0.010 | 0.008  | 0.495  |
| 9      | 901    | 14.569  | 11.730  | 14.491  | 11.509  | 0.078 | 0.220 | 0.119  | 0.990  |
| 901    | 902    | 2.908   | 6.187   | 2.900   | 6.164   | 0.008 | 0.024 | 0.044  | 0.329  |
| 902    | 903    | -5.145  | 2.009   | -5.148  | 2.000   | 0.003 | 0.008 | -0.036 | -0.003 |
| 903    | 8      | 7.114   | 2.193   | 7.104   | 2.164   | 0.010 | 0.028 | 0.048  | 0.228  |
| 61101  | 6351   | 0.009   | -0.018  | 0.009   | -0.018  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 6351   | 6352   | 0.009   | -0.018  | 0.009   | -0.018  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 61102  | 6352   | -0.009  | 0.018   | -0.009  | 0.018   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 61102  | 6102   | 6.838   | 4.400   | 6.831   | 4.209   | 0.007 | 0.190 | 0.054  | 1.306  |
| 6102   | 6101   | 6.831   | 4.209   | 6.830   | 4.209   | 0.000 | 0.000 | 0.568  | 0.001  |
| 61101  | 6101   | 6.819   | 4.437   | 6.811   | 4.245   | 0.007 | 0.190 | 0.054  | 1.314  |
| 6      | 61101  | 6.835   | 4.727   | 6.828   | 4.418   | 0.007 | 0.308 | 0.054  | 2.078  |
| 6      | 61102  | 6.836   | 4.728   | 6.829   | 4.419   | 0.007 | 0.308 | 0.054  | 2.079  |
| 51102  | 5352   | -0.510  | -0.054  | -0.510  | -0.056  | 0.000 | 0.002 | -0.003 | -0.082 |
| 5352   | 5351   | -0.510  | -0.056  | -0.510  | -0.056  | 0.000 | 0.000 | -0.010 | -0.000 |
| 51101  | 5351   | 2.229   | 1.085   | 2.225   | 1.085   | 0.004 | 0.000 | 0.017  | 0.130  |
| 51101  | 5101   | 0.198   | 0.338   | 0.198   | 0.336   | 0.000 | 0.002 | 0.003  | 0.351  |
| 5101   | 5102   | -4.519  | -2.462  | -4.520  | -2.462  | 0.000 | 0.000 | -0.361 | -0.001 |
| 51102  | 5102   | 4.529   | 2.462   | 4.520   | 2.462   | 0.010 | 0.000 | 0.035  | 0.134  |
| 5      | 51102  | 4.028   | 2.678   | 4.020   | 2.408   | 0.008 | 0.269 | 0.031  | 3.087  |
| 5      | 51101  | 2.432   | 1.575   | 2.427   | 1.423   | 0.006 | 0.151 | 0.019  | 2.875  |
| 141101 | 14101  | 6.503   | 4.201   | 6.497   | 4.045   | 0.006 | 0.156 | 0.049  | 1.151  |
| 14101  | 14102  | -6.515  | -4.010  | -6.516  | -4.010  | 0.000 | 0.000 | -0.514 | -0.001 |
| 141102 | 14102  | 6.522   | 4.167   | 6.516   | 4.010   | 0.006 | 0.156 | 0.049  | 1.143  |
| 141102 | 14272  | -0.009  | 0.017   | -0.009  | 0.017   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 14272  | 14271  | -0.009  | 0.017   | -0.009  | 0.017   | 0.000 | 0.000 | -0.001 | -0.000 |
| 141101 | 14271  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 14     | 141101 | 6.518   | 4.437   | 6.512   | 4.184   | 0.006 | 0.252 | 0.049  | 1.818  |
| 14     | 141102 | 6.519   | 4.438   | 6.513   | 4.184   | 0.006 | 0.252 | 0.049  | 1.819  |
| 4      | 104    | -8.108  | -6.162  | -8.156  | -6.250  | 0.048 | 0.088 | -0.064 | -0.838 |
| 104    | 14     | -11.012 | -7.911  | -11.045 | -7.973  | 0.034 | 0.062 | -0.085 | -0.439 |
| 14     | 13     | -24.137 | -16.916 | -24.473 | -17.531 | 0.335 | 0.612 | -0.184 | -2.003 |
| 13     | 103    | -27.447 | -19.153 | -28.438 | -20.965 | 0.987 | 1.804 | -0.204 | -5.283 |
| 103    | 100    | -37.618 | -26.142 | -37.721 | -26.329 | 0.102 | 0.186 | -0.265 | -0.415 |
| 7      | 710    | 2.322   | 1.395   | 2.309   | 1.189   | 0.014 | 0.205 | 0.018  | 4.148  |
| 209    | 20910  | 1.576   | 0.706   | 1.569   | 0.640   | 0.007 | 0.067 | 0.031  | 0.776  |
| 8110   | 810    | 5.990   | 3.228   | 5.976   | 3.228   | 0.014 | 0.000 | 0.041  | 0.156  |
| 212    | 21210  | 1.366   | 0.788   | 1.359   | 0.730   | 0.007 | 0.058 | 0.029  | 0.825  |
| 206    | 20610  | 1.906   | 1.333   | 1.889   | 1.179   | 0.017 | 0.153 | 0.047  | 1.376  |
| 5351   | 208    | 1.715   | 1.043   | 1.695   | 1.020   | 0.020 | 0.024 | 0.040  | 0.431  |
| 208    | 20810  | 1.691   | 1.010   | 1.679   | 0.899   | 0.012 | 0.110 | 0.040  | 1.098  |
| 401    | 209    | 1.581   | 0.737   | 1.581   | 0.737   | 0.000 | 0.000 | 0.031  | 0.001  |
| 205    | 20510  | 2.007   | 1.353   | 1.989   | 1.189   | 0.018 | 0.163 | 0.049  | 1.388  |
| 10     | 1010   | 3.275   | 2.252   | 3.248   | 1.849   | 0.027 | 0.402 | 0.025  | 6.097  |
| 104    | 15     | 2.856   | 1.960   | 2.856   | 1.960   | 0.000 | 0.000 | 0.022  | 0.000  |
| 15     | 1510   | 2.849   | 1.917   | 2.828   | 1.609   | 0.020 | 0.306 | 0.022  | 5.313  |

|       |       |        |       |        |       |       |       |        |        |
|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 103   | 12    | 9.181  | 5.728 | 9.177  | 5.724 | 0.003 | 0.004 | 0.063  | 0.043  |
| 12    | 1210  | 9.154  | 5.571 | 9.124  | 4.927 | 0.029 | 0.641 | 0.062  | 3.355  |
| 13    | 13110 | 2.965  | 2.219 | 2.952  | 1.871 | 0.013 | 0.347 | 0.023  | 5.776  |
| 13110 | 1310  | 2.952  | 1.871 | 2.938  | 1.669 | 0.013 | 0.202 | 0.023  | 3.470  |
| 13110 | 1335  | -0.000 | 0.000 | -0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 3     | 310   | 2.960  | 1.999 | 2.938  | 1.669 | 0.022 | 0.328 | 0.022  | 5.495  |
| 1     | 110   | 2.319  | 1.352 | 2.309  | 1.189 | 0.011 | 0.162 | 0.016  | 3.387  |

## ДОДАТОК В.4

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ ПІСЛЯАВАРІЙНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПІСЛЯ РОЗВИТКУ ЕМ

#### ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Тривалість звітного періоду: 5600.0 год

Час втрат: 4318.9 год

Отримано потужн./ел.енерг.: 127.270 МВт / 1114.886 млн.кВт\*г

Відпущено потужн./ел.енерг.: 121.630 МВт / 1065.479 млн.кВт\*г

Втрати в ЛЕП 220-35 кВ: 4.755 МВт / 20.539 млн.кВт\*г

Втрати в ЛЕП 750-330 кВ: 0.000 МВт / 0.000 млн.кВт\*г

Сумарні втрати в ЛЕП: 4.755 МВт / 20.539 млн.кВт\*г

Втрати х.х. в трансформаторах: 0.473 МВт / 4.143 млн.кВт\*г

Втрати нав. в трансформаторах: 0.446 МВт / 1.927 млн.кВт\*г

Сумарні втрати в трансформаторах: 0.919 МВт / 6.071 млн.кВт\*г

СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 750-35 кВ: 5.675 МВт / 26.609 млн.кВт\*г (2.4%)

#### ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВУЗЛИ

| N вузла | Назва           | Рнав,МВт | Qнав,МВАр | U, кВ   | Фаза, град |
|---------|-----------------|----------|-----------|---------|------------|
| 100     | Ладизинська ТЕС | -98.140  | -63.432   | 105.000 | 0.00       |
| 1       | Лукашівка       | 0.000    | 0.000     | 103.989 | -0.29      |
| 2       | Тростянець      | 0.000    | 0.000     | 100.581 | -1.29      |
| 3       | Соколівка       | 0.000    | 0.000     | 98.252  | -2.05      |
| 4       | Крижопіль       | 0.000    | 0.000     | 97.152  | -2.41      |
| 5       | Піщанка         | 0.000    | 0.000     | 95.233  | -3.03      |
| 6       | Попелюхи тяга   | 0.000    | 0.000     | 94.722  | -3.20      |
| 7       | Луги            | 0.000    | 0.000     | 95.354  | -3.01      |
| 8       | Чечельник       | 0.000    | 0.000     | 95.752  | -2.88      |
| 9       | Бершадь         | -5.000   | -3.000    | 98.272  | -2.02      |
| 11      | Глибочок        | 0.000    | 0.000     | 101.125 | -1.22      |
| 10      | Сумівка         | 0.000    | 0.000     | 99.852  | -1.61      |
| 12      | Ферм 3-д        | 0.000    | 0.000     | 104.585 | -0.12      |
| 13      | Суворівка       | 0.000    | 0.000     | 99.943  | -1.51      |
| 14      | Вапнярка тяга   | 0.000    | 0.000     | 98.186  | -2.06      |
| 15      | Вапнярка        | 0.000    | 0.000     | 97.823  | -2.18      |
| 200     | Глибочок ГЕС    | -6.400   | -3.100    | 33.574  | -2.31      |
| 201     | Тростянець-35   | 0.000    | 0.000     | 32.246  | -3.63      |
| 202     | Ободівка        | 0.000    | 0.000     | 31.369  | -4.19      |
| 205     | Цибулівка       | 0.000    | 0.000     | 30.868  | -4.51      |
| 206     | Жабокрич        | 0.000    | 0.000     | 30.602  | -4.74      |
| 207     | Крикливець      | 0.000    | 0.000     | 30.860  | -4.67      |
| 204     | Бершадь-35      | 0.000    | 0.000     | 34.984  | -6.97      |
| 203     | Баланівка       | 0.000    | 0.000     | 34.653  | -7.28      |
| 208     | Чорномин        | 0.000    | 0.000     | 30.661  | -5.43      |
| 401     |                 | 0.000    | 0.000     | 35.148  | -6.86      |
| 209     | Молокозавод     | 0.000    | 0.000     | 35.147  | -6.86      |
| 210     | Михайлівка      | 0.000    | 0.000     | 34.740  | -7.26      |
| 211     | Ольгопіль       | 0.000    | 0.000     | 34.362  | -7.48      |
| 212     | Стратіївка      | 0.000    | 0.000     | 34.341  | -7.51      |
| 110     |                 | 2.310    | 1.190     | 9.655   | -2.98      |
| 21101   |                 | 0.000    | 0.000     | 96.884  | -3.72      |
| 2351    |                 | 0.000    | 0.000     | 32.426  | -3.69      |
| 2101    |                 | 4.930    | 2.670     | 9.141   | -4.93      |
| 21102   |                 | 0.000    | 0.000     | 96.884  | -3.72      |
| 2352    |                 | 0.000    | 0.000     | 32.426  | -3.69      |
| 2102    |                 | 0.000    | 0.000     | 9.141   | -4.94      |
| 310     |                 | 2.940    | 1.670     | 8.956   | -5.94      |

|        |         |        |         |       |
|--------|---------|--------|---------|-------|
| 41101  | 0.000   | 0.000  | 95.220  | -4.16 |
| 4101   | 4.830   | 2.600  | 9.036   | -4.89 |
| 4351   | 0.000   | 0.000  | 31.867  | -4.15 |
| 41102  | 0.000   | 0.000  | 95.214  | -4.16 |
| 4352   | 0.000   | 0.000  | 31.867  | -4.15 |
| 4102   | 0.000   | 0.000  | 9.037   | -4.89 |
| 51101  | 0.000   | 0.000  | 92.861  | -5.22 |
| 5351   | 0.000   | 0.000  | 31.046  | -5.18 |
| 5101   | 4.720   | 2.800  | 8.852   | -5.32 |
| 51102  | 0.000   | 0.000  | 92.684  | -5.36 |
| 5352   | 0.000   | 0.000  | 31.046  | -5.18 |
| 5102   | 0.000   | 0.000  | 8.852   | -5.32 |
| 61101  | 0.000   | 0.000  | 92.987  | -4.72 |
| 6351   | 0.000   | 0.000  | 31.131  | -4.72 |
| 6101   | 13.650  | 8.460  | 8.792   | -5.68 |
| 61102  | 0.000   | 0.000  | 92.987  | -4.72 |
| 6352   | 0.000   | 0.000  | 31.131  | -4.72 |
| 6102   | 0.000   | 0.000  | 8.793   | -5.68 |
| 710    | 2.310   | 1.190  | 8.798   | -6.23 |
| 8110   | 0.000   | 0.000  | 103.833 | -7.03 |
| 835    | 0.000   | 0.000  | 34.630  | -7.34 |
| 810    | 5.980   | 3.230  | 9.916   | -6.99 |
| 91101  | 0.000   | 0.000  | 106.145 | -6.71 |
| 9351   | 0.000   | 0.000  | 35.422  | -6.63 |
| 9101   | 4.300   | 2.090  | 10.187  | -6.14 |
| 91102  | 0.000   | 0.000  | 106.654 | -6.17 |
| 9352   | 0.000   | 0.000  | 35.422  | -6.63 |
| 9102   | 0.000   | 0.000  | 10.187  | -6.14 |
| 1010   | 3.250   | 1.850  | 9.066   | -5.79 |
| 111101 | 0.000   | 0.000  | 100.244 | -2.29 |
| 11351  | 0.000   | 0.000  | 33.571  | -2.31 |
| 11101  | 3.150   | 1.850  | 9.486   | -3.18 |
| 111102 | 0.000   | 0.000  | 100.245 | -2.29 |
| 11352  | 0.000   | 0.000  | 33.571  | -2.31 |
| 11102  | 0.000   | 0.000  | 9.487   | -3.18 |
| 1210   | 9.130   | 4.930  | 9.272   | -2.79 |
| 13110  | 0.000   | 0.000  | 95.058  | -5.43 |
| 1310   | 2.940   | 1.670  | 8.831   | -7.86 |
| 1335   | 0.000   | 0.000  | 31.824  | -5.43 |
| 141101 | 0.000   | 0.000  | 96.605  | -3.40 |
| 14101  | 13.020  | 8.060  | 9.147   | -4.25 |
| 141102 | 0.000   | 0.000  | 96.605  | -3.40 |
| 14102  | 0.000   | 0.000  | 9.147   | -4.25 |
| 1510   | 2.830   | 1.610  | 8.930   | -5.95 |
| 201101 | 1.680   | 0.960  | 10.002  | -4.63 |
| 201102 | 0.000   | 0.000  | 10.002  | -4.63 |
| 202101 | 1.570   | 0.810  | 9.770   | -4.97 |
| 202102 | 0.000   | 0.000  | 9.770   | -4.97 |
| 203101 | 1.150   | 0.620  | 10.775  | -8.10 |
| 203102 | 0.000   | 0.000  | 10.775  | -8.10 |
| 204101 | 2.620   | 1.490  | 10.877  | -7.83 |
| 204102 | 0.000   | 0.000  | 10.878  | -7.83 |
| 20510  | 1.990   | 1.190  | 9.348   | -7.17 |
| 20610  | 1.890   | 1.180  | 9.267   | -7.31 |
| 207101 | 1.260   | 0.640  | 9.561   | -5.80 |
| 207102 | 0.000   | 0.000  | 9.561   | -5.80 |
| 20810  | 1.680   | 0.900  | 9.365   | -7.71 |
| 20910  | 1.570   | 0.640  | 10.871  | -8.48 |
| 210101 | 1.260   | 0.640  | 10.801  | -8.15 |
| 210102 | 0.000   | 0.000  | 10.802  | -8.15 |
| 211101 | 1.470   | 0.910  | 10.631  | -8.53 |
| 211102 | 0.000   | 0.000  | 10.631  | -8.53 |
| 21210  | 1.360   | 0.730  | 10.600  | -8.96 |
| 14271  | 0.000   | 0.000  | 23.100  | -3.40 |
| 14272  | 0.000   | 0.000  | 23.100  | -3.40 |
| 101    | 0.000   | 0.000  | 100.638 | -1.27 |
| 102    | 0.000   | 0.000  | 100.541 | -1.30 |
| 103    | 0.000   | 0.000  | 104.625 | -0.11 |
| 104    | 0.000   | 0.000  | 97.824  | -2.18 |
| 903    | 13.190  | 7.480  | 99.962  | -1.64 |
| 902    | 8.650   | 4.670  | 100.443 | -1.45 |
| 901    | -17.730 | -8.590 | 100.890 | -1.26 |

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВІТКИ

| N початку | N кінця | Рп, МВт | Qп, МВАр | Рк, МВт | Qк, МВАр | dP, МВт | dQ, МВАр | I, кА | dU, кВ |
|-----------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|-------|--------|
| 100       | 1       | 27.390  | 18.124   | 27.218  | 17.810   | 0.171   | 0.313    | 0.180 | 1.013  |

|        |        |         |         |         |         |       |       |        |        |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|--------|--------|
| 1      | 101    | 24.891  | 16.983  | 24.366  | 16.022  | 0.523 | 0.957 | 0.167  | 3.374  |
| 101    | 2      | 24.366  | 16.442  | 24.357  | 16.426  | 0.009 | 0.016 | 0.168  | 0.057  |
| 2      | 102    | 18.329  | 11.128  | 18.324  | 11.119  | 0.005 | 0.009 | 0.123  | 0.041  |
| 102    | 3      | 18.324  | 11.512  | 18.052  | 11.015  | 0.271 | 0.495 | 0.124  | 2.325  |
| 3      | 4      | 15.087  | 9.587   | 14.977  | 9.386   | 0.109 | 0.200 | 0.105  | 1.123  |
| 4      | 5      | 15.714  | 10.195  | 15.512  | 9.825   | 0.202 | 0.368 | 0.111  | 1.967  |
| 5      | 6      | 9.026   | 5.912   | 8.995   | 5.855   | 0.031 | 0.057 | 0.065  | 0.525  |
| 6      | 7      | -4.730  | -3.347  | -4.751  | -3.385  | 0.021 | 0.038 | -0.035 | -0.648 |
| 7      | 8      | -7.079  | -4.320  | -7.098  | -4.355  | 0.019 | 0.035 | -0.050 | -0.409 |
| 8      | 9      | -14.229 | -8.499  | -14.471 | -8.941  | 0.241 | 0.440 | -0.100 | -2.580 |
| 9      | 10     | -22.408 | -13.669 | -22.670 | -14.049 | 0.261 | 0.378 | -0.154 | -1.602 |
| 10     | 11     | -26.013 | -13.206 | -26.253 | -13.554 | 0.239 | 0.346 | -0.168 | -1.289 |
| 11     | 100    | -32.612 | -19.704 | -33.418 | -21.177 | 0.802 | 1.467 | -0.217 | -3.898 |
| 11     | 111101 | 0.851   | 0.370   | 0.850   | 0.351   | 0.001 | 0.019 | 0.005  | 0.938  |
| 111101 | 11351  | -0.369  | -0.389  | -0.369  | -0.389  | 0.000 | 0.000 | -0.003 | -0.031 |
| 11351  | 200    | -0.953  | -1.008  | -0.953  | -1.009  | 0.000 | 0.000 | -0.024 | -0.003 |
| 200    | 201    | 5.443   | 2.117   | 5.273   | 1.913   | 0.169 | 0.204 | 0.100  | 1.365  |
| 201    | 2351   | -1.035  | -1.878  | -1.043  | -1.888  | 0.008 | 0.009 | -0.038 | -0.177 |
| 21101  | 2351   | 0.523   | 0.938   | 0.522   | 0.938   | 0.001 | 0.000 | 0.006  | 0.025  |
| 2      | 21101  | 2.998   | 2.564   | 2.990   | 2.345   | 0.008 | 0.218 | 0.023  | 3.875  |
| 21101  | 2101   | 2.467   | 1.407   | 2.463   | 1.336   | 0.005 | 0.071 | 0.017  | 1.465  |
| 2101   | 2102   | -2.464  | -1.332  | -2.464  | -1.332  | 0.000 | 0.000 | -0.177 | -0.000 |
| 21102  | 2102   | 2.469   | 1.404   | 2.464   | 1.332   | 0.005 | 0.071 | 0.017  | 1.462  |
| 2      | 21102  | 2.998   | 2.564   | 2.990   | 2.345   | 0.008 | 0.218 | 0.023  | 3.876  |
| 21102  | 2352   | 0.521   | 0.942   | 0.521   | 0.942   | 0.001 | 0.000 | 0.006  | 0.025  |
| 2352   | 2351   | 0.521   | 0.942   | 0.521   | 0.942   | 0.000 | 0.000 | 0.019  | 0.000  |
| 201    | 202    | 4.615   | 2.777   | 4.516   | 2.657   | 0.099 | 0.119 | 0.096  | 0.897  |
| 202    | 205    | 2.933   | 1.777   | 2.896   | 1.733   | 0.037 | 0.044 | 0.063  | 0.513  |
| 205    | 206    | 0.887   | 0.413   | 0.881   | 0.405   | 0.006 | 0.007 | 0.018  | 0.275  |
| 206    | 207    | -1.027  | -0.894  | -1.034  | -0.903  | 0.007 | 0.009 | -0.026 | -0.261 |
| 207    | 4351   | -2.305  | -1.570  | -2.365  | -1.643  | 0.060 | 0.072 | -0.052 | -1.025 |
| 41101  | 4351   | 0.608   | 0.413   | 0.607   | 0.413   | 0.000 | 0.000 | 0.004  | 0.032  |
| 4      | 41101  | 2.036   | 1.274   | 2.033   | 1.187   | 0.003 | 0.087 | 0.014  | 2.097  |
| 41101  | 4101   | 1.425   | 0.774   | 1.424   | 0.750   | 0.002 | 0.024 | 0.010  | 0.837  |
| 4101   | 4102   | -3.403  | -1.848  | -3.404  | -1.848  | 0.000 | 0.000 | -0.247 | -0.000 |
| 41102  | 4102   | 3.406   | 1.906   | 3.404   | 1.848   | 0.002 | 0.058 | 0.024  | 0.827  |
| 4      | 41102  | 5.171   | 3.327   | 5.165   | 3.104   | 0.006 | 0.222 | 0.036  | 2.103  |
| 41102  | 4352   | 1.759   | 1.198   | 1.758   | 1.198   | 0.001 | 0.000 | 0.013  | 0.026  |
| 4352   | 4351   | 1.758   | 1.198   | 1.758   | 1.198   | 0.000 | 0.000 | 0.038  | 0.000  |
| 207    | 207101 | 0.632   | 0.337   | 0.630   | 0.320   | 0.002 | 0.017 | 0.013  | 0.490  |
| 207101 | 207102 | -0.630  | -0.320  | -0.630  | -0.320  | 0.000 | 0.000 | -0.043 | -0.000 |
| 207    | 207102 | 0.632   | 0.337   | 0.630   | 0.320   | 0.002 | 0.017 | 0.013  | 0.490  |
| 202    | 202101 | 0.612   | 0.321   | 0.611   | 0.309   | 0.001 | 0.011 | 0.013  | 0.315  |
| 202101 | 202102 | -0.958  | -0.500  | -0.958  | -0.500  | 0.000 | 0.000 | -0.064 | -0.000 |
| 202    | 202102 | 0.960   | 0.518   | 0.958   | 0.500   | 0.002 | 0.018 | 0.020  | 0.315  |
| 201    | 201101 | 0.842   | 0.501   | 0.839   | 0.480   | 0.002 | 0.021 | 0.018  | 0.459  |
| 201101 | 201102 | -0.840  | -0.480  | -0.840  | -0.480  | 0.000 | 0.000 | -0.056 | -0.000 |
| 201    | 201102 | 0.842   | 0.501   | 0.840   | 0.480   | 0.002 | 0.021 | 0.018  | 0.458  |
| 11351  | 11352  | 0.584   | 0.620   | 0.584   | 0.620   | 0.000 | 0.000 | 0.015  | 0.000  |
| 111102 | 11352  | -0.584  | -0.620  | -0.584  | -0.620  | 0.000 | 0.000 | -0.005 | -0.029 |
| 11     | 111102 | 1.351   | 0.588   | 1.350   | 0.557   | 0.001 | 0.030 | 0.008  | 0.937  |
| 111102 | 11102  | 1.933   | 1.177   | 1.931   | 1.135   | 0.003 | 0.042 | 0.013  | 1.134  |
| 11102  | 11101  | 1.931   | 1.135   | 1.931   | 1.135   | 0.000 | 0.000 | 0.136  | 0.000  |
| 111101 | 11101  | 1.219   | 0.740   | 1.217   | 0.714   | 0.002 | 0.026 | 0.008  | 1.135  |
| 11     | 901    | 4.131   | 5.694   | 4.125   | 5.677   | 0.006 | 0.016 | 0.040  | 0.237  |
| 901    | 902    | 21.844  | 14.472  | 21.796  | 14.335  | 0.048 | 0.136 | 0.150  | 0.455  |
| 902    | 903    | 13.151  | 9.877   | 13.119  | 9.787   | 0.032 | 0.089 | 0.094  | 0.489  |
| 903    | 10     | -0.062  | 2.604   | -0.063  | 2.601   | 0.001 | 0.003 | -0.015 | 0.108  |
| 9      | 91101  | 5.409   | 3.376   | 5.387   | 2.777   | 0.022 | 0.596 | 0.037  | 5.444  |
| 91101  | 9351   | 6.788   | 3.140   | 6.762   | 3.140   | 0.026 | 0.000 | 0.041  | 0.318  |
| 9351   | 9352   | -1.756  | -1.573  | -1.756  | -1.573  | 0.000 | 0.000 | -0.038 | -0.000 |
| 91102  | 9352   | 1.757   | 1.599   | 1.756   | 1.573   | 0.001 | 0.027 | 0.013  | 0.937  |
| 9      | 91102  | 7.488   | 4.813   | 7.466   | 4.067   | 0.022 | 0.744 | 0.052  | 4.899  |
| 91102  | 9102   | 5.709   | 2.467   | 5.699   | 2.467   | 0.009 | 0.000 | 0.034  | 0.138  |
| 9102   | 9101   | 5.699   | 2.467   | 5.699   | 2.467   | 0.000 | 0.000 | 0.351  | 0.001  |
| 91101  | 9101   | -1.401  | -0.363  | -1.402  | -0.378  | 0.001 | 0.015 | -0.008 | -0.476 |
| 9351   | 401    | 4.552   | 2.465   | 4.526   | 2.428   | 0.026 | 0.037 | 0.084  | 0.289  |
| 401    | 210    | 2.945   | 1.725   | 2.923   | 1.684   | 0.022 | 0.040 | 0.056  | 0.435  |
| 210    | 211    | 1.652   | 1.005   | 1.638   | 0.988   | 0.014 | 0.017 | 0.032  | 0.391  |
| 211    | 212    | 0.155   | 0.031   | 0.155   | 0.031   | 0.000 | 0.000 | 0.003  | 0.024  |
| 212    | 835    | -1.215  | -0.738  | -1.223  | -0.748  | 0.008 | 0.010 | -0.024 | -0.300 |
| 8110   | 835    | 1.103   | 0.706   | 1.102   | 0.697   | 0.000 | 0.009 | 0.007  | 0.459  |
| 8      | 8110   | 7.112   | 4.650   | 7.090   | 3.934   | 0.021 | 0.714 | 0.051  | 4.946  |
| 203    | 203101 | 0.576   | 0.321   | 0.575   | 0.310   | 0.002 | 0.012 | 0.011  | 0.431  |
| 203101 | 203102 | -0.575  | -0.310  | -0.575  | -0.310  | 0.000 | 0.000 | -0.035 | -0.000 |
| 203    | 203102 | 0.576   | 0.321   | 0.575   | 0.310   | 0.002 | 0.012 | 0.011  | 0.431  |
| 835    | 203    | -0.121  | 0.012   | -0.121  | 0.011   | 0.000 | 0.000 | -0.002 | -0.027 |
| 203    | 204    | -1.282  | -0.608  | -1.291  | -0.621  | 0.009 | 0.013 | -0.024 | -0.352 |
| 204    | 9351   | -3.930  | -2.218  | -3.966  | -2.270  | 0.036 | 0.051 | -0.074 | -0.460 |
| 204    | 204101 | 1.312   | 0.773   | 1.309   | 0.745   | 0.003 | 0.028 | 0.025  | 0.436  |



|        |        |         |         |         |         |       |       |        |        |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|--------|--------|
| 204101 | 204102 | -1.309  | -0.744  | -1.309  | -0.744  | 0.000 | 0.000 | -0.080 | -0.000 |
| 204    | 204102 | 1.312   | 0.772   | 1.309   | 0.744   | 0.003 | 0.028 | 0.025  | 0.436  |
| 211    | 211101 | 0.737   | 0.476   | 0.734   | 0.455   | 0.003 | 0.021 | 0.015  | 0.616  |
| 211101 | 211102 | -0.735  | -0.455  | -0.735  | -0.455  | 0.000 | 0.000 | -0.047 | -0.000 |
| 211    | 211102 | 0.738   | 0.475   | 0.735   | 0.455   | 0.003 | 0.021 | 0.015  | 0.616  |
| 210    | 210101 | 0.859   | 0.469   | 0.857   | 0.451   | 0.002 | 0.018 | 0.016  | 0.438  |
| 210101 | 210102 | -0.402  | -0.188  | -0.402  | -0.188  | 0.000 | 0.000 | -0.024 | -0.000 |
| 210    | 210102 | 0.404   | 0.197   | 0.402   | 0.188   | 0.001 | 0.008 | 0.007  | 0.438  |
| 61101  | 6351   | 0.009   | -0.018  | 0.009   | -0.018  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 6351   | 6352   | 0.009   | -0.018  | 0.009   | -0.018  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 61102  | 6352   | -0.009  | 0.018   | -0.009  | 0.018   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 61102  | 6102   | 6.837   | 4.373   | 6.831   | 4.209   | 0.006 | 0.163 | 0.050  | 1.195  |
| 6102   | 6101   | 6.831   | 4.209   | 6.830   | 4.209   | 0.000 | 0.000 | 0.526  | 0.001  |
| 61101  | 6101   | 6.818   | 4.409   | 6.811   | 4.245   | 0.006 | 0.163 | 0.050  | 1.203  |
| 6      | 61101  | 6.833   | 4.656   | 6.827   | 4.391   | 0.006 | 0.264 | 0.050  | 1.902  |
| 6      | 61102  | 6.834   | 4.656   | 6.828   | 4.391   | 0.006 | 0.264 | 0.050  | 1.902  |
| 51101  | 5351   | 2.225   | 1.071   | 2.221   | 1.071   | 0.004 | 0.000 | 0.015  | 0.121  |
| 5351   | 5352   | 0.511   | 0.063   | 0.511   | 0.063   | 0.000 | 0.000 | 0.010  | 0.000  |
| 51102  | 5352   | -0.510  | -0.061  | -0.511  | -0.063  | 0.000 | 0.002 | -0.003 | -0.078 |
| 51102  | 5102   | 4.527   | 2.458   | 4.518   | 2.458   | 0.008 | 0.000 | 0.032  | 0.125  |
| 5102   | 5101   | 4.518   | 2.458   | 4.518   | 2.458   | 0.000 | 0.000 | 0.335  | 0.000  |
| 51101  | 5101   | 0.199   | 0.342   | 0.199   | 0.340   | 0.000 | 0.001 | 0.002  | 0.329  |
| 5      | 51101  | 2.429   | 1.542   | 2.424   | 1.413   | 0.005 | 0.129 | 0.017  | 2.623  |
| 5      | 51102  | 4.023   | 2.629   | 4.016   | 2.397   | 0.007 | 0.231 | 0.029  | 2.822  |
| 14     | 141102 | 6.517   | 4.388   | 6.512   | 4.165   | 0.005 | 0.222 | 0.046  | 1.688  |
| 141102 | 14102  | 6.521   | 4.148   | 6.515   | 4.010   | 0.005 | 0.137 | 0.046  | 1.061  |
| 14102  | 14101  | 6.515   | 4.010   | 6.515   | 4.010   | 0.000 | 0.000 | 0.482  | 0.001  |
| 141101 | 14101  | 6.502   | 4.182   | 6.497   | 4.045   | 0.005 | 0.137 | 0.046  | 1.069  |
| 14     | 141101 | 6.516   | 4.387   | 6.511   | 4.165   | 0.005 | 0.221 | 0.046  | 1.688  |
| 141101 | 14271  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 14271  | 14272  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 141102 | 14272  | -0.009  | 0.017   | -0.009  | 0.017   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 4      | 104    | -7.981  | -4.855  | -8.016  | -4.921  | 0.036 | 0.065 | -0.055 | -0.687 |
| 104    | 14     | -10.870 | -6.509  | -10.896 | -6.557  | 0.026 | 0.048 | -0.075 | -0.370 |
| 14     | 13     | -23.992 | -15.409 | -24.270 | -15.918 | 0.277 | 0.507 | -0.167 | -1.786 |
| 13     | 103    | -27.242 | -17.395 | -28.065 | -18.901 | 0.820 | 1.499 | -0.186 | -4.717 |
| 103    | 100    | -37.245 | -23.972 | -37.332 | -24.131 | 0.086 | 0.158 | -0.244 | -0.375 |
| 7      | 710    | 2.320   | 1.365   | 2.309   | 1.189   | 0.012 | 0.175 | 0.016  | 3.781  |
| 401    | 209    | 1.581   | 0.731   | 1.581   | 0.731   | 0.000 | 0.000 | 0.029  | 0.001  |
| 209    | 20910  | 1.575   | 0.695   | 1.569   | 0.640   | 0.006 | 0.055 | 0.028  | 0.682  |
| 5351   | 208    | 1.710   | 1.025   | 1.694   | 1.005   | 0.017 | 0.020 | 0.037  | 0.396  |
| 208    | 20810  | 1.689   | 0.993   | 1.679   | 0.899   | 0.010 | 0.094 | 0.037  | 0.994  |
| 205    | 20510  | 2.004   | 1.329   | 1.989   | 1.189   | 0.016 | 0.139 | 0.045  | 1.261  |
| 8110   | 810    | 5.988   | 3.228   | 5.976   | 3.228   | 0.012 | 0.000 | 0.038  | 0.145  |
| 10     | 1010   | 3.271   | 2.192   | 3.248   | 1.849   | 0.023 | 0.342 | 0.023  | 5.514  |
| 212    | 21210  | 1.365   | 0.778   | 1.359   | 0.730   | 0.005 | 0.048 | 0.026  | 0.729  |
| 206    | 20610  | 1.903   | 1.310   | 1.889   | 1.179   | 0.015 | 0.131 | 0.044  | 1.249  |
| 13     | 13110  | 2.961   | 2.147   | 2.950   | 1.845   | 0.012 | 0.301 | 0.021  | 5.278  |
| 13110  | 1335   | -0.000  | -0.000  | -0.000  | -0.000  | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 13110  | 1310   | 2.950   | 1.845   | 2.938   | 1.669   | 0.012 | 0.175 | 0.021  | 3.174  |
| 104    | 15     | 2.854   | 1.926   | 2.854   | 1.926   | 0.000 | 0.000 | 0.020  | 0.000  |
| 15     | 1510   | 2.846   | 1.877   | 2.828   | 1.609   | 0.018 | 0.267 | 0.020  | 4.889  |
| 103    | 12     | 9.180   | 5.679   | 9.177   | 5.676   | 0.003 | 0.003 | 0.059  | 0.040  |
| 12     | 1210   | 9.151   | 5.506   | 9.124   | 4.927   | 0.026 | 0.577 | 0.059  | 3.158  |
| 3      | 310    | 2.957   | 1.956   | 2.938   | 1.669   | 0.019 | 0.286 | 0.021  | 5.057  |
| 1      | 110    | 2.318   | 1.335   | 2.309   | 1.189   | 0.010 | 0.145 | 0.015  | 3.183  |

## ДОДАТОК В.5

### РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РЕЖИМУ МАКСИМАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІСЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ БСК ТА РЕГУЛЮВАННЯ РПН НА СПОЖИВИЛЬНИХ ПІДСТАНЦІЯХ

#### ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Тривалість звітного періоду: 5600.0 год  
Час втрат: 4318.9 год

Отримано потужн./ел.енерг.: 125.123 МВт / 1096.078 млн.кВт\*г  
Відпущено потужн./ел.енерг.: 119.430 МВт / 1046.207 млн.кВт\*г

Втрати в ЛЕП 220-35 кВ: 4.808 МВт / 20.766 млн.кВт\*г  
Втрати в ЛЕП 750-330 кВ: 0.000 МВт / 0.000 млн.кВт\*г  
Сумарні втрати в ЛЕП: 4.808 МВт / 20.766 млн.кВт\*г

Втрати х.х. в трансформаторах: 0.522 МВт / 4.572 млн.кВт\*г  
 Втрати нав. в трансформаторах: 0.400 МВт / 1.728 млн.кВт\*г  
 Сумарні втрати в трансформаторах: 0.922 МВт / 6.300 млн.кВт\*г

СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 750-35 кВ: 5.730 МВт / 27.065 млн.кВт\*г (2.5%)

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВУЗЛИ

| N вузла | Назва           | Р <sub>нав</sub> , МВт | Q <sub>нав</sub> , МВАр | U, кВ   | Фаза, град |
|---------|-----------------|------------------------|-------------------------|---------|------------|
| 100     | Ладизинська ТЕС | -101.453               | -68.183                 | 110.000 | 0.00       |
| 1       | Лукашівка       | 0.000                  | 0.000                   | 109.022 | -0.26      |
| 2       | Тростянець      | 0.000                  | 0.000                   | 105.716 | -1.15      |
| 3       | Соколівка       | 0.000                  | 0.000                   | 103.445 | -1.82      |
| 4       | Крижопіль       | 0.000                  | 0.000                   | 102.361 | -2.13      |
| 5       | Піщанка         | 0.000                  | 0.000                   | 100.383 | -2.65      |
| 6       | Попелюхи тяга   | 0.000                  | 0.000                   | 99.822  | -2.77      |
| 7       | Луги            | 0.000                  | 0.000                   | 100.243 | -2.55      |
| 8       | Чечельник       | 0.000                  | 0.000                   | 100.535 | -2.40      |
| 9       | Вершадь         | -5.000                 | -3.000                  | 101.831 | -2.00      |
| 11      | Глибочок        | 0.000                  | 0.000                   | 105.742 | -1.17      |
| 10      | Сумівка         | 0.000                  | 0.000                   | 103.953 | -1.55      |
| 12      | Ферм З-д        | 0.000                  | 0.000                   | 109.602 | -0.11      |
| 13      | Суворівка       | 0.000                  | 0.000                   | 105.125 | -1.35      |
| 14      | Вапнярка тяга   | 0.000                  | 0.000                   | 103.418 | -1.84      |
| 15      | Вапнярка        | 0.000                  | 0.000                   | 103.053 | -1.94      |
| 200     | Глибочок ТЕС    | -6.400                 | -3.100                  | 35.198  | -2.10      |
| 201     | Тростянець-35   | 0.000                  | 0.000                   | 33.997  | -3.29      |
| 202     | Ободівка        | 0.000                  | 0.000                   | 33.174  | -3.79      |
| 205     | Цибулівка       | 0.000                  | 0.000                   | 32.706  | -4.07      |
| 206     | Жабокрич        | 0.000                  | 0.000                   | 32.460  | -4.27      |
| 207     | Криклицевець    | 0.000                  | 0.000                   | 32.704  | -4.19      |
| 204     | Вершадь-35      | 0.000                  | 0.000                   | 36.573  | -6.44      |
| 203     | Баланівка       | 0.000                  | 0.000                   | 36.319  | -6.70      |
| 208     | Чорномин        | 0.000                  | 0.000                   | 32.459  | -4.80      |
| 401     |                 | 0.000                  | 0.000                   | 36.717  | -6.34      |
| 209     | Молокозавод     | 0.000                  | 0.000                   | 36.716  | -6.34      |
| 210     | Михайлівка      | 0.000                  | 0.000                   | 36.357  | -6.69      |
| 211     | Ольгопіль       | 0.000                  | 0.000                   | 36.040  | -6.88      |
| 212     | Стратіївка      | 0.000                  | 0.000                   | 36.056  | -6.89      |
| 110     |                 | 2.310                  | 1.190                   | 10.151  | -2.70      |
| 21101   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 102.126 | -3.38      |
| 2351    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 34.180  | -3.35      |
| 2101    |                 | 4.930                  | 2.670                   | 9.649   | -4.47      |
| 21102   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 102.126 | -3.38      |
| 2352    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 34.180  | -3.35      |
| 2102    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 9.650   | -4.47      |
| 310     |                 | 2.940                  | 1.670                   | 9.479   | -5.31      |
| 41101   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 100.554 | -3.71      |
| 4101    |                 | 4.830                  | 2.600                   | 9.551   | -4.36      |
| 4351    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 33.653  | -3.70      |
| 41102   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 100.548 | -3.71      |
| 4352    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 33.653  | -3.70      |
| 4102    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 9.551   | -4.36      |
| 51101   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 98.156  | -4.61      |
| 5351    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 32.821  | -4.58      |
| 5101    |                 | 4.720                  | 2.800                   | 9.360   | -4.70      |
| 51102   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 97.986  | -4.74      |
| 5352    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 32.821  | -4.58      |
| 5102    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 9.360   | -4.70      |
| 61101   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 98.189  | -4.14      |
| 6351    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 32.872  | -4.14      |
| 6101    |                 | 13.650                 | 8.460                   | 9.295   | -5.00      |
| 61102   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 98.189  | -4.14      |
| 6352    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 32.872  | -4.14      |
| 6102    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 9.296   | -5.00      |
| 710     |                 | 2.310                  | 1.190                   | 9.284   | -5.45      |
| 8110    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 109.182 | -6.36      |
| 835     |                 | 0.000                  | 0.000                   | 36.376  | -6.73      |
| 810     |                 | 5.980                  | 3.230                   | 10.429  | -6.32      |
| 91101   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 110.729 | -6.21      |
| 9351    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 36.966  | -6.13      |
| 9101    |                 | 4.300                  | 2.090                   | 10.619  | -5.71      |
| 91102   |                 | 0.000                  | 0.000                   | 111.162 | -5.74      |
| 9352    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 36.966  | -6.13      |
| 9102    |                 | 0.000                  | 0.000                   | 10.619  | -5.71      |
| 1010    |                 | 3.250                  | 1.850                   | 9.481   | -5.38      |

|        |         |       |         |       |
|--------|---------|-------|---------|-------|
| 111101 | 0.000   | 0.000 | 105.090 | -2.08 |
| 11351  | 0.000   | 0.000 | 35.194  | -2.10 |
| 11101  | 3.150   | 1.850 | 9.955   | -2.88 |
| 111102 | 0.000   | 0.000 | 105.091 | -2.08 |
| 11352  | 0.000   | 0.000 | 35.194  | -2.10 |
| 11102  | 0.000   | 0.000 | 9.955   | -2.88 |
| 1210   | 9.130   | 4.930 | 9.744   | -2.53 |
| 13110  | 0.000   | 0.000 | 100.574 | -4.88 |
| 1310   | 2.940   | 1.670 | 9.374   | -7.04 |
| 1335   | 0.000   | 0.000 | 33.671  | -4.88 |
| 141101 | 0.000   | 0.000 | 101.927 | -3.05 |
| 14101  | 13.020  | 8.060 | 9.661   | -3.81 |
| 141102 | 0.000   | 0.000 | 101.927 | -3.05 |
| 14102  | 0.000   | 0.000 | 9.661   | -3.81 |
| 1510   | 2.830   | 1.610 | 9.456   | -5.32 |
| 201101 | 1.680   | 0.960 | 10.560  | -4.20 |
| 201102 | 0.000   | 0.000 | 10.560  | -4.20 |
| 202101 | 1.570   | 0.810 | 10.342  | -4.48 |
| 202102 | 0.000   | 0.000 | 10.342  | -4.48 |
| 203101 | 1.150   | 0.620 | 11.304  | -7.44 |
| 203102 | 0.000   | 0.000 | 11.304  | -7.44 |
| 204101 | 2.620   | 1.490 | 11.382  | -7.22 |
| 204102 | 0.000   | 0.000 | 11.382  | -7.22 |
| 20510  | 1.990   | 1.190 | 9.948   | -6.43 |
| 20610  | 1.890   | 1.180 | 9.873   | -6.54 |
| 207101 | 1.260   | 0.640 | 10.149  | -5.20 |
| 207102 | 0.000   | 0.000 | 10.149  | -5.20 |
| 20810  | 1.680   | 0.900 | 9.946   | -6.83 |
| 20910  | 1.570   | 0.640 | 11.372  | -7.82 |
| 210101 | 1.260   | 0.640 | 11.315  | -7.50 |
| 210102 | 0.000   | 0.000 | 11.315  | -7.50 |
| 211101 | 1.470   | 0.910 | 11.167  | -7.83 |
| 211102 | 0.000   | 0.000 | 11.167  | -7.83 |
| 21210  | 1.360   | 0.730 | 11.149  | -8.21 |
| 14271  | 0.000   | 0.000 | 24.373  | -3.05 |
| 14272  | 0.000   | 0.000 | 24.373  | -3.05 |
| 101    | 0.000   | 0.000 | 105.771 | -1.14 |
| 102    | 0.000   | 0.000 | 105.677 | -1.16 |
| 103    | 0.000   | 0.000 | 109.640 | -0.10 |
| 104    | 0.000   | 0.000 | 103.054 | -1.94 |
| 901    | 11.590  | 5.610 | 100.996 | -2.31 |
| 903    | -12.270 | 0.000 | 100.718 | -2.25 |
| 902    | 8.050   | 4.350 | 100.717 | -2.33 |

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВІТКИ

| N початку                                                   | N кінця | Рп, МВт | Qп, МВАр | Рк, МВт | Qк, МВАр | dP, МВт | dQ, МВАр | I, кА  | dU, кВ |
|-------------------------------------------------------------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|--------|--------|
| ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- |         |         |          |         |          |         |          |        |        |
| 100                                                         | 1       | 27.401  | 18.533   | 27.242  | 18.242   | 0.158   | 0.289    | 0.173  | 0.979  |
| 1                                                           | 101     | 24.915  | 17.479   | 24.428  | 16.588   | 0.486   | 0.888    | 0.161  | 3.271  |
| 101                                                         | 2       | 24.428  | 17.052   | 24.419  | 17.036   | 0.008   | 0.015    | 0.162  | 0.056  |
| 2                                                           | 102     | 18.299  | 11.626   | 18.294  | 11.618   | 0.004   | 0.008    | 0.118  | 0.040  |
| 102                                                         | 3       | 18.294  | 12.052   | 18.042  | 11.591   | 0.251   | 0.459    | 0.119  | 2.262  |
| 3                                                           | 4       | 15.078  | 10.251   | 14.975  | 10.062   | 0.103   | 0.188    | 0.102  | 1.103  |
| 4                                                           | 5       | 15.731  | 11.786   | 15.531  | 11.419   | 0.200   | 0.365    | 0.111  | 2.014  |
| 5                                                           | 6       | 9.046   | 7.587    | 9.012   | 7.525    | 0.034   | 0.062    | 0.068  | 0.570  |
| 6                                                           | 7       | -4.717  | -1.574   | -4.730  | -1.599   | 0.014   | 0.025    | -0.029 | -0.438 |
| 7                                                           | 8       | -7.058  | -2.471   | -7.072  | -2.497   | 0.014   | 0.026    | -0.043 | -0.304 |
| 8                                                           | 9       | -7.433  | -4.746   | -7.495  | -4.860   | 0.062   | 0.113    | -0.051 | -1.322 |
| 9                                                           | 10      | -29.617 | -20.099  | -30.071 | -20.756  | 0.452   | 0.655    | -0.203 | -2.146 |
| 10                                                          | 11      | -33.349 | -22.626  | -33.771 | -23.238  | 0.421   | 0.609    | -0.223 | -1.805 |
| 11                                                          | 100     | -35.836 | -23.562  | -36.769 | -25.269  | 0.930   | 1.700    | -0.234 | -4.280 |
| 11                                                          | 111101  | 0.787   | 0.281    | 0.786   | 0.267    | 0.001   | 0.014    | 0.005  | 0.699  |
| 111101                                                      | 11351   | -0.433  | -0.470   | -0.433  | -0.470   | 0.000   | 0.000    | -0.004 | -0.034 |
| 11351                                                       | 200     | -1.118  | -1.218   | -1.118  | -1.218   | 0.000   | 0.000    | -0.027 | -0.004 |
| 200                                                         | 201     | 5.278   | 1.910    | 5.135   | 1.739    | 0.142   | 0.171    | 0.092  | 1.233  |
| 201                                                         | 2351    | -1.126  | -2.017   | -1.134  | -2.026   | 0.008   | 0.010    | -0.039 | -0.181 |
| 21101                                                       | 2351    | 0.568   | 1.007    | 0.567   | 1.007    | 0.001   | 0.000    | 0.007  | 0.026  |
| 2                                                           | 21101   | 3.043   | 2.611    | 3.035   | 2.407    | 0.008   | 0.204    | 0.022  | 3.745  |
| 21101                                                       | 2101    | 2.467   | 1.400    | 2.463   | 1.336    | 0.004   | 0.064    | 0.016  | 1.373  |
| 2101                                                        | 2102    | -2.464  | -1.332   | -2.464  | -1.332   | 0.000   | 0.000    | -0.167 | -0.000 |
| 21102                                                       | 2102    | 2.468   | 1.396    | 2.464   | 1.332    | 0.004   | 0.064    | 0.016  | 1.370  |
| 2                                                           | 21102   | 3.043   | 2.611    | 3.035   | 2.407    | 0.008   | 0.204    | 0.022  | 3.745  |
| 21102                                                       | 2352    | 0.567   | 1.010    | 0.566   | 1.010    | 0.001   | 0.000    | 0.007  | 0.026  |
| 2352                                                        | 2351    | 0.566   | 1.010    | 0.566   | 1.010    | 0.000   | 0.000    | 0.020  | 0.000  |
| 201                                                         | 202     | 4.567   | 2.744    | 4.479   | 2.638    | 0.087   | 0.105    | 0.090  | 0.840  |
| 202                                                         | 205     | 2.896   | 1.757    | 2.863   | 1.718    | 0.032   | 0.039    | 0.059  | 0.478  |
| 205                                                         | 206     | 0.856   | 0.415    | 0.851   | 0.409    | 0.005   | 0.006    | 0.017  | 0.254  |

|        |        |        |        |        |        |       |       |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 206    | 207    | -1.056 | -0.873 | -1.062 | -0.881 | 0.007 | 0.008 | -0.024 | -0.247 |
| 207    | 4351   | -2.333 | -1.544 | -2.387 | -1.609 | 0.054 | 0.065 | -0.049 | -0.966 |
| 41101  | 4351   | 0.613  | 0.402  | 0.613  | 0.402  | 0.000 | 0.000 | 0.004  | 0.031  |
| 4      | 41101  | 2.041  | 1.252  | 2.039  | 1.174  | 0.003 | 0.078 | 0.013  | 1.947  |
| 41101  | 4101   | 1.425  | 0.772  | 1.424  | 0.750  | 0.001 | 0.021 | 0.009  | 0.782  |
| 4101   | 4102   | -3.403 | -1.848 | -3.403 | -1.848 | 0.000 | 0.000 | -0.234 | -0.000 |
| 41102  | 4102   | 3.406  | 1.900  | 3.403  | 1.848  | 0.002 | 0.052 | 0.022  | 0.772  |
| 4      | 41102  | 5.186  | 3.271  | 5.181  | 3.071  | 0.005 | 0.199 | 0.035  | 1.953  |
| 41102  | 4352   | 1.775  | 1.172  | 1.774  | 1.172  | 0.001 | 0.000 | 0.012  | 0.025  |
| 4352   | 4351   | 1.774  | 1.172  | 1.774  | 1.172  | 0.000 | 0.000 | 0.036  | 0.000  |
| 207    | 207101 | 0.632  | 0.335  | 0.630  | 0.320  | 0.002 | 0.015 | 0.013  | 0.456  |
| 207101 | 207102 | -0.630 | -0.320 | -0.630 | -0.320 | 0.000 | 0.000 | -0.040 | -0.000 |
| 207    | 207102 | 0.632  | 0.335  | 0.630  | 0.320  | 0.002 | 0.015 | 0.013  | 0.456  |
| 202    | 202101 | 0.612  | 0.319  | 0.611  | 0.309  | 0.001 | 0.010 | 0.012  | 0.294  |
| 202101 | 202102 | -0.958 | -0.500 | -0.958 | -0.500 | 0.000 | 0.000 | -0.060 | -0.000 |
| 202    | 202102 | 0.959  | 0.516  | 0.958  | 0.500  | 0.002 | 0.016 | 0.019  | 0.294  |
| 201    | 201101 | 0.842  | 0.499  | 0.839  | 0.480  | 0.002 | 0.019 | 0.017  | 0.431  |
| 201101 | 201102 | -0.840 | -0.480 | -0.840 | -0.480 | 0.000 | 0.000 | -0.053 | -0.000 |
| 201    | 201102 | 0.842  | 0.499  | 0.840  | 0.480  | 0.002 | 0.019 | 0.017  | 0.430  |
| 11351  | 11352  | 0.685  | 0.749  | 0.685  | 0.749  | 0.000 | 0.000 | 0.017  | 0.000  |
| 111102 | 11352  | -0.685 | -0.749 | -0.685 | -0.749 | 0.000 | 0.000 | -0.006 | -0.033 |
| 11     | 111102 | 1.249  | 0.447  | 1.248  | 0.425  | 0.001 | 0.022 | 0.007  | 0.698  |
| 111102 | 11102  | 1.933  | 1.174  | 1.931  | 1.135  | 0.002 | 0.038 | 0.012  | 1.073  |
| 11102  | 11101  | 1.931  | 1.135  | 1.931  | 1.135  | 0.000 | 0.000 | 0.130  | 0.000  |
| 111101 | 11101  | 1.219  | 0.738  | 1.217  | 0.713  | 0.002 | 0.024 | 0.008  | 1.074  |
| 9      | 91101  | 5.230  | 3.135  | 5.211  | 2.625  | 0.019 | 0.508 | 0.035  | 4.898  |
| 91101  | 9351   | 6.519  | 2.924  | 6.497  | 2.924  | 0.022 | 0.000 | 0.037  | 0.295  |
| 9351   | 9352   | -1.639 | -1.440 | -1.639 | -1.440 | 0.000 | 0.000 | -0.034 | -0.000 |
| 91102  | 9352   | 1.640  | 1.461  | 1.639  | 1.440  | 0.001 | 0.021 | 0.011  | 0.819  |
| 9      | 91102  | 7.273  | 4.503  | 7.254  | 3.861  | 0.019 | 0.639 | 0.048  | 4.437  |
| 91102  | 9102   | 5.615  | 2.400  | 5.606  | 2.400  | 0.008 | 0.000 | 0.032  | 0.131  |
| 9102   | 9101   | 5.606  | 2.400  | 5.606  | 2.400  | 0.000 | 0.000 | 0.331  | 0.001  |
| 91101  | 9101   | -1.308 | -0.299 | -1.309 | -0.311 | 0.001 | 0.012 | -0.007 | -0.388 |
| 9351   | 401    | 4.368  | 2.296  | 4.346  | 2.265  | 0.021 | 0.031 | 0.077  | 0.262  |
| 401    | 210    | 2.766  | 1.565  | 2.748  | 1.533  | 0.018 | 0.032 | 0.050  | 0.383  |
| 210    | 211    | 1.477  | 0.855  | 1.466  | 0.843  | 0.010 | 0.012 | 0.027  | 0.328  |
| 211    | 212    | -0.017 | -0.110 | -0.017 | -0.110 | 0.000 | 0.000 | -0.002 | -0.015 |
| 212    | 835    | -1.387 | -0.874 | -1.397 | -0.886 | 0.010 | 0.012 | -0.026 | -0.330 |
| 8110   | 835    | 1.467  | 1.002  | 1.466  | 0.987  | 0.001 | 0.014 | 0.009  | 0.604  |
| 8      | 8110   | 7.475  | 4.953  | 7.453  | 4.230  | 0.022 | 0.721 | 0.051  | 4.958  |
| 203    | 203101 | 0.576  | 0.320  | 0.575  | 0.310  | 0.002 | 0.010 | 0.010  | 0.406  |
| 203101 | 203102 | -0.575 | -0.310 | -0.575 | -0.310 | 0.000 | 0.000 | -0.033 | -0.000 |
| 203    | 203102 | 0.576  | 0.320  | 0.575  | 0.310  | 0.002 | 0.010 | 0.010  | 0.406  |
| 835    | 203    | 0.069  | 0.170  | 0.069  | 0.170  | 0.000 | 0.000 | 0.003  | 0.054  |
| 203    | 204    | -1.092 | -0.445 | -1.098 | -0.453 | 0.006 | 0.008 | -0.019 | -0.271 |
| 204    | 9351   | -3.738 | -2.051 | -3.767 | -2.093 | 0.029 | 0.042 | -0.067 | -0.413 |
| 204    | 204101 | 1.311  | 0.770  | 1.309  | 0.745  | 0.002 | 0.025 | 0.024  | 0.412  |
| 204101 | 204102 | -1.309 | -0.744 | -1.309 | -0.744 | 0.000 | 0.000 | -0.076 | -0.000 |
| 204    | 204102 | 1.312  | 0.769  | 1.309  | 0.744  | 0.002 | 0.025 | 0.024  | 0.412  |
| 211    | 211101 | 0.737  | 0.474  | 0.734  | 0.455  | 0.003 | 0.019 | 0.014  | 0.580  |
| 211101 | 211102 | -0.735 | -0.455 | -0.735 | -0.455 | 0.000 | 0.000 | -0.045 | -0.000 |
| 211    | 211102 | 0.737  | 0.473  | 0.735  | 0.455  | 0.003 | 0.019 | 0.014  | 0.580  |
| 210    | 210101 | 0.859  | 0.468  | 0.857  | 0.451  | 0.002 | 0.017 | 0.016  | 0.413  |
| 210101 | 210102 | -0.402 | -0.188 | -0.402 | -0.188 | 0.000 | 0.000 | -0.023 | -0.000 |
| 210    | 210102 | 0.403  | 0.196  | 0.402  | 0.188  | 0.001 | 0.008 | 0.007  | 0.413  |
| 9      | 901    | 14.577 | 11.302 | 14.517 | 11.133 | 0.060 | 0.169 | 0.104  | 0.855  |
| 901    | 902    | 2.934  | 5.889  | 2.928  | 5.872  | 0.006 | 0.017 | 0.038  | 0.280  |
| 902    | 903    | -5.117 | 1.770  | -5.119 | 1.764  | 0.002 | 0.006 | -0.031 | -0.006 |
| 903    | 8      | 7.143  | 2.010  | 7.136  | 1.988  | 0.008 | 0.022 | 0.042  | 0.193  |
| 61101  | 6351   | 0.009  | -0.018 | 0.009  | -0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 6351   | 6352   | 0.009  | -0.018 | 0.009  | -0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 61102  | 6352   | -0.009 | 0.018  | -0.009 | 0.018  | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 61102  | 6102   | 6.836  | 4.356  | 6.831  | 4.209  | 0.006 | 0.146 | 0.048  | 1.114  |
| 6102   | 6101   | 6.831  | 4.209  | 6.830  | 4.209  | 0.000 | 0.000 | 0.497  | 0.001  |
| 61101  | 6101   | 6.817  | 4.392  | 6.811  | 4.245  | 0.006 | 0.146 | 0.048  | 1.122  |
| 6      | 61101  | 6.832  | 4.611  | 6.826  | 4.374  | 0.006 | 0.236 | 0.048  | 1.772  |
| 6      | 61102  | 6.833  | 4.611  | 6.827  | 4.374  | 0.006 | 0.236 | 0.048  | 1.773  |
| 51102  | 5352   | -0.511 | -0.065 | -0.511 | -0.067 | 0.000 | 0.001 | -0.003 | -0.073 |
| 5352   | 5351   | -0.511 | -0.067 | -0.511 | -0.067 | 0.000 | 0.000 | -0.009 | -0.000 |
| 51101  | 5351   | 2.222  | 1.062  | 2.219  | 1.062  | 0.003 | 0.000 | 0.014  | 0.115  |
| 51101  | 5101   | 0.200  | 0.344  | 0.200  | 0.343  | 0.000 | 0.001 | 0.002  | 0.312  |
| 5101   | 5102   | -4.517 | -2.455 | -4.517 | -2.455 | 0.000 | 0.000 | -0.317 | -0.000 |
| 51102  | 5102   | 4.525  | 2.455  | 4.517  | 2.455  | 0.007 | 0.000 | 0.030  | 0.119  |
| 5      | 51102  | 4.020  | 2.597  | 4.014  | 2.390  | 0.006 | 0.206 | 0.027  | 2.625  |
| 5      | 51101  | 2.426  | 1.522  | 2.422  | 1.406  | 0.004 | 0.115 | 0.016  | 2.437  |
| 141101 | 14101  | 6.502  | 4.168  | 6.497  | 4.045  | 0.005 | 0.123 | 0.044  | 1.002  |
| 14101  | 14102  | -6.515 | -4.010 | -6.515 | -4.010 | 0.000 | 0.000 | -0.456 | -0.001 |
| 141102 | 14102  | 6.520  | 4.134  | 6.515  | 4.010  | 0.005 | 0.123 | 0.044  | 0.995  |
| 141102 | 14272  | -0.009 | 0.017  | -0.009 | 0.017  | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 14272  | 14271  | -0.009 | 0.017  | -0.009 | 0.017  | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |

|        |        |         |         |         |         |       |       |        |        |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|--------|--------|
| 141101 | 14271  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 14     | 141101 | 6.515   | 4.350   | 6.511   | 4.151   | 0.005 | 0.199 | 0.044  | 1.582  |
| 14     | 141102 | 6.516   | 4.350   | 6.511   | 4.151   | 0.005 | 0.199 | 0.044  | 1.582  |
| 4      | 104    | -8.025  | -5.630  | -8.060  | -5.695  | 0.035 | 0.065 | -0.055 | -0.704 |
| 104    | 14     | -10.913 | -7.223  | -10.938 | -7.269  | 0.025 | 0.046 | -0.073 | -0.370 |
| 14     | 13     | -24.038 | -16.055 | -24.296 | -16.526 | 0.257 | 0.469 | -0.161 | -1.731 |
| 13     | 103    | -27.266 | -17.879 | -28.023 | -19.263 | 0.754 | 1.379 | -0.179 | -4.545 |
| 103    | 100    | -37.203 | -24.236 | -37.282 | -24.381 | 0.079 | 0.144 | -0.233 | -0.360 |
| 7      | 710    | 2.319   | 1.347   | 2.309   | 1.189   | 0.010 | 0.157 | 0.015  | 3.518  |
| 209    | 20910  | 1.575   | 0.690   | 1.569   | 0.640   | 0.006 | 0.050 | 0.027  | 0.642  |
| 8110   | 810    | 5.987   | 3.228   | 5.976   | 3.228   | 0.010 | 0.000 | 0.036  | 0.139  |
| 212    | 21210  | 1.364   | 0.773   | 1.359   | 0.730   | 0.005 | 0.043 | 0.025  | 0.683  |
| 206    | 20610  | 1.902   | 1.295   | 1.889   | 1.179   | 0.013 | 0.115 | 0.041  | 1.157  |
| 5351   | 208    | 1.708   | 1.013   | 1.693   | 0.995   | 0.015 | 0.018 | 0.035  | 0.371  |
| 208    | 20810  | 1.688   | 0.983   | 1.679   | 0.899   | 0.009 | 0.083 | 0.035  | 0.920  |
| 401    | 209    | 1.581   | 0.730   | 1.581   | 0.730   | 0.000 | 0.000 | 0.027  | 0.001  |
| 205    | 20510  | 2.003   | 1.312   | 1.989   | 1.189   | 0.014 | 0.123 | 0.042  | 1.169  |
| 10     | 1010   | 3.269   | 2.162   | 3.248   | 1.849   | 0.021 | 0.312 | 0.022  | 5.226  |
| 104    | 15     | 2.853   | 1.903   | 2.853   | 1.903   | 0.000 | 0.000 | 0.019  | 0.000  |
| 15     | 1510   | 2.844   | 1.848   | 2.828   | 1.609   | 0.016 | 0.238 | 0.019  | 4.555  |
| 103    | 12     | 9.180   | 5.640   | 9.177   | 5.637   | 0.003 | 0.003 | 0.057  | 0.038  |
| 12     | 1210   | 9.148   | 5.452   | 9.124   | 4.927   | 0.024 | 0.523 | 0.056  | 2.985  |
| 13     | 13110  | 2.959   | 2.093   | 2.948   | 1.825   | 0.010 | 0.267 | 0.020  | 4.885  |
| 13110  | 1310   | 2.948   | 1.825   | 2.938   | 1.669   | 0.010 | 0.155 | 0.020  | 2.941  |
| 13110  | 1335   | -0.000  | 0.000   | -0.000  | 0.000   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 3      | 310    | 2.955   | 1.925   | 2.938   | 1.669   | 0.017 | 0.255 | 0.020  | 4.714  |
| 1      | 110    | 2.317   | 1.321   | 2.309   | 1.189   | 0.009 | 0.132 | 0.014  | 3.006  |

## ДОДАТОК В.6 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ ПОЕТАПНОГО РОЗВИТКУ ЕМ

### ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

Тривалість звітного періоду: 5600.0 год  
Час втрат: 4318.9 год

Отримано потужн./ел.енерг.: 116.220 МВт / 1018.089 млн.кВт\*г  
Відпущено потужн./ел.енерг.: 111.380 МВт / 975.689 млн.кВт\*г

Втрати в ЛЕП 220-35 кВ: 3.954 МВт / 17.078 млн.кВт\*г  
Втрати в ЛЕП 750-330 кВ: 0.000 МВт / 0.000 млн.кВт\*г  
Сумарні втрати в ЛЕП: 3.954 МВт / 17.078 млн.кВт\*г

Втрати х.х. в трансформаторах: 0.529 МВт / 4.632 млн.кВт\*г  
Втрати нав. в трансформаторах: 0.393 МВт / 1.695 млн.кВт\*г  
Сумарні втрати в трансформаторах: 0.921 МВт / 6.328 млн.кВт\*г

СУМАРНІ ВТРАТИ У МЕРЕЖАХ 750-35 кВ: 4.876 МВт / 23.406 млн.кВт\*г (2.3%)

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВУЗЛИ

| N вузла | Назва           | Рнав,МВт | Qнав,МВАр | U, кВ   | Фаза, град |
|---------|-----------------|----------|-----------|---------|------------|
| 100     | Ладизинська ТЕС | -92.550  | -62.623   | 110.000 | 0.00       |
| 1       | Лукашівка       | 0.000    | 0.000     | 109.073 | -0.25      |
| 2       | Тростянець      | 0.000    | 0.000     | 105.947 | -1.06      |
| 3       | Соколівка       | 0.000    | 0.000     | 103.815 | -1.66      |
| 4       | Крижопіль       | 0.000    | 0.000     | 102.806 | -1.93      |
| 5       | Піщанка         | 0.000    | 0.000     | 101.078 | -2.30      |
| 6       | Попелюхи тяга   | 0.000    | 0.000     | 100.626 | -2.36      |
| 7       | Луки            | 0.000    | 0.000     | 101.278 | -2.00      |
| 8       | Чечельник       | 0.000    | 0.000     | 101.676 | -1.78      |
| 9       | Бершадь         | -5.000   | -3.000    | 103.161 | -1.67      |
| 11      | Глибочок        | 0.000    | 0.000     | 106.400 | -1.00      |
| 10      | Сумівка         | 0.000    | 0.000     | 104.904 | -1.31      |
| 12      | Ферм З-д        | 0.000    | 0.000     | 109.615 | -0.10      |
| 13      | Суворівка       | 0.000    | 0.000     | 105.350 | -1.25      |
| 14      | Вапнярка тяга   | 0.000    | 0.000     | 103.729 | -1.70      |
| 15      | Вапнярка        | 0.000    | 0.000     | 103.403 | -1.78      |
| 200     | Глибочок ГЕС    | -6.400   | -3.100    | 35.374  | -1.95      |
| 201     | Тростянець-35   | 0.000    | 0.000     | 34.132  | -3.13      |
| 202     | Ободівка        | 0.000    | 0.000     | 33.316  | -3.62      |
| 205     | Цибулівка       | 0.000    | 0.000     | 32.852  | -3.89      |
| 206     | Жабокрич        | 0.000    | 0.000     | 32.611  | -4.07      |
| 207     | Крикливець      | 0.000    | 0.000     | 32.856  | -3.99      |

|        |             |        |       |         |       |
|--------|-------------|--------|-------|---------|-------|
| 204    | Вершадь-35  | 0.000  | 0.000 | 37.089  | -5.92 |
| 203    | Баланівка   | 0.000  | 0.000 | 36.837  | -6.13 |
| 208    | Чорномин    | 0.000  | 0.000 | 32.701  | -4.42 |
| 401    |             | 0.000  | 0.000 | 37.231  | -5.83 |
| 209    | Молокозавод | 0.000  | 0.000 | 37.230  | -5.83 |
| 210    | Михайлівка  | 0.000  | 0.000 | 36.874  | -6.15 |
| 211    | Ольгопіль   | 0.000  | 0.000 | 36.563  | -6.31 |
| 212    | Стратіївка  | 0.000  | 0.000 | 36.578  | -6.30 |
| 110    |             | 2.310  | 1.190 | 10.156  | -2.68 |
| 21101  |             | 0.000  | 0.000 | 102.477 | -3.22 |
| 2351   |             | 0.000  | 0.000 | 34.299  | -3.19 |
| 2101   |             | 4.930  | 2.670 | 9.683   | -4.31 |
| 21102  |             | 0.000  | 0.000 | 102.477 | -3.22 |
| 2352   |             | 0.000  | 0.000 | 34.299  | -3.19 |
| 2102   |             | 0.000  | 0.000 | 9.684   | -4.31 |
| 310    |             | 2.940  | 1.670 | 9.516   | -5.12 |
| 41101  |             | 0.000  | 0.000 | 101.010 | -3.50 |
| 4101   |             | 4.830  | 2.600 | 9.594   | -4.14 |
| 4351   |             | 0.000  | 0.000 | 33.806  | -3.49 |
| 41102  |             | 0.000  | 0.000 | 101.004 | -3.50 |
| 4352   |             | 0.000  | 0.000 | 33.806  | -3.49 |
| 4102   |             | 0.000  | 0.000 | 9.595   | -4.14 |
| 51101  |             | 0.000  | 0.000 | 98.869  | -4.23 |
| 5351   |             | 0.000  | 0.000 | 33.060  | -4.20 |
| 5101   |             | 4.720  | 2.800 | 9.428   | -4.32 |
| 51102  |             | 0.000  | 0.000 | 98.700  | -4.36 |
| 5352   |             | 0.000  | 0.000 | 33.060  | -4.20 |
| 5102   |             | 0.000  | 0.000 | 9.429   | -4.32 |
| 61101  |             | 0.000  | 0.000 | 99.008  | -3.70 |
| 6351   |             | 0.000  | 0.000 | 33.146  | -3.70 |
| 6101   |             | 13.650 | 8.460 | 9.374   | -4.55 |
| 61102  |             | 0.000  | 0.000 | 99.008  | -3.70 |
| 6352   |             | 0.000  | 0.000 | 33.146  | -3.70 |
| 6102   |             | 0.000  | 0.000 | 9.375   | -4.55 |
| 710    |             | 2.310  | 1.190 | 9.387   | -4.83 |
| 8110   |             | 0.000  | 0.000 | 110.665 | -5.72 |
| 835    |             | 0.000  | 0.000 | 36.893  | -6.11 |
| 810    |             | 5.980  | 3.230 | 10.571  | -5.68 |
| 91101  |             | 0.000  | 0.000 | 112.248 | -5.71 |
| 9351   |             | 0.000  | 0.000 | 37.477  | -5.64 |
| 9101   |             | 4.300  | 2.090 | 10.765  | -5.24 |
| 91102  |             | 0.000  | 0.000 | 112.692 | -5.27 |
| 9352   |             | 0.000  | 0.000 | 37.477  | -5.64 |
| 9102   |             | 0.000  | 0.000 | 10.766  | -5.24 |
| 1010   |             | 3.250  | 1.850 | 9.577   | -5.07 |
| 111101 |             | 0.000  | 0.000 | 105.622 | -1.94 |
| 11351  |             | 0.000  | 0.000 | 35.371  | -1.95 |
| 11101  |             | 3.150  | 1.850 | 10.006  | -2.73 |
| 111102 |             | 0.000  | 0.000 | 105.623 | -1.94 |
| 11352  |             | 0.000  | 0.000 | 35.371  | -1.95 |
| 11102  |             | 0.000  | 0.000 | 10.006  | -2.73 |
| 1210   |             | 9.130  | 4.930 | 9.746   | -2.53 |
| 13110  |             | 0.000  | 0.000 | 100.813 | -4.76 |
| 1310   |             | 2.940  | 1.670 | 9.398   | -6.91 |
| 1335   |             | 0.000  | 0.000 | 33.751  | -4.76 |
| 141101 |             | 0.000  | 0.000 | 102.243 | -2.90 |
| 14101  |             | 13.020 | 8.060 | 9.691   | -3.66 |
| 141102 |             | 0.000  | 0.000 | 102.243 | -2.90 |
| 14102  |             | 0.000  | 0.000 | 9.692   | -3.66 |
| 1510   |             | 2.830  | 1.610 | 9.491   | -5.14 |
| 201101 |             | 1.680  | 0.960 | 10.603  | -4.03 |
| 201102 |             | 0.000  | 0.000 | 10.603  | -4.03 |
| 202101 |             | 1.570  | 0.810 | 10.387  | -4.31 |
| 202102 |             | 0.000  | 0.000 | 10.387  | -4.31 |
| 203101 |             | 1.150  | 0.620 | 11.468  | -6.85 |
| 203102 |             | 0.000  | 0.000 | 11.468  | -6.85 |
| 204101 |             | 2.620  | 1.490 | 11.546  | -6.68 |
| 204102 |             | 0.000  | 0.000 | 11.546  | -6.68 |
| 20510  |             | 1.990  | 1.190 | 9.995   | -6.23 |
| 20610  |             | 1.890  | 1.180 | 9.923   | -6.32 |
| 207101 |             | 1.260  | 0.640 | 10.197  | -4.98 |
| 207102 |             | 0.000  | 0.000 | 10.197  | -4.98 |
| 20810  |             | 1.680  | 0.900 | 10.025  | -6.42 |
| 20910  |             | 1.570  | 0.640 | 11.536  | -7.27 |
| 210101 |             | 1.260  | 0.640 | 11.479  | -6.94 |
| 210102 |             | 0.000  | 0.000 | 11.479  | -6.94 |
| 211101 |             | 1.470  | 0.910 | 11.333  | -7.23 |
| 211102 |             | 0.000  | 0.000 | 11.333  | -7.23 |
| 21210  |             | 1.360  | 0.730 | 11.316  | -7.58 |
| 14271  |             | 0.000  | 0.000 | 24.448  | -2.90 |

|       |         |       |         |       |
|-------|---------|-------|---------|-------|
| 14272 | 0.000   | 0.000 | 24.448  | -2.90 |
| 101   | 0.000   | 0.000 | 105.999 | -1.05 |
| 102   | 0.000   | 0.000 | 105.910 | -1.07 |
| 103   | 0.000   | 0.000 | 109.654 | -0.10 |
| 104   | 0.000   | 0.000 | 103.403 | -1.78 |
| 901   | 11.590  | 5.610 | 102.681 | -1.94 |
| 903   | -12.270 | 0.000 | 101.855 | -1.51 |

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВІТКИ

| N початку | N кінця | Рп,МВт  | Qп,МВАр | Рк,МВт  | Qк,МВАр | dP,МВт | dQ,МВАр | I,кА   | dU,кВ  |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| 100       | 1       | 25.704  | 17.722  | 25.562  | 17.463  | 0.141  | 0.258   | 0.164  | 0.928  |
| 1         | 101     | 23.235  | 16.701  | 22.805  | 15.914  | 0.429  | 0.784   | 0.151  | 3.090  |
| 101       | 2       | 22.805  | 16.380  | 22.797  | 16.366  | 0.007  | 0.013   | 0.153  | 0.053  |
| 2         | 102     | 16.819  | 11.122  | 16.815  | 11.115  | 0.004  | 0.007   | 0.110  | 0.037  |
| 102       | 3       | 16.815  | 11.551  | 16.598  | 11.153  | 0.217  | 0.396   | 0.111  | 2.120  |
| 3         | 4       | 13.634  | 9.819   | 13.547  | 9.660   | 0.087  | 0.158   | 0.093  | 1.024  |
| 4         | 5       | 12.744  | 10.901  | 12.599  | 10.636  | 0.144  | 0.264   | 0.094  | 1.751  |
| 5         | 6       | 6.115   | 6.815   | 6.095   | 6.779   | 0.020  | 0.037   | 0.052  | 0.455  |
| 6         | 7       | -7.635  | -2.306  | -7.669  | -2.369  | 0.035  | 0.063   | -0.046 | -0.676 |
| 7         | 8       | -9.997  | -3.228  | -10.024 | -3.278  | 0.027  | 0.050   | -0.060 | -0.410 |
| 8         | 9       | -5.418  | -7.267  | -5.482  | -7.384  | 0.064  | 0.117   | -0.051 | -1.490 |
| 9         | 10      | -24.494 | -16.839 | -24.799 | -17.281 | 0.304  | 0.440   | -0.166 | -1.760 |
| 10        | 11      | -28.077 | -19.139 | -28.371 | -19.566 | 0.294  | 0.425   | -0.187 | -1.507 |
| 11        | 100     | -30.551 | -20.042 | -31.220 | -21.265 | 0.666  | 1.218   | -0.198 | -3.616 |
| 11        | 111101  | 0.831   | 0.341   | 0.830   | 0.325   | 0.001  | 0.016   | 0.005  | 0.822  |
| 111101    | 11351   | -0.389  | -0.412  | -0.389  | -0.412  | 0.000  | 0.000   | -0.003 | -0.031 |
| 11351     | 200     | -1.004  | -1.067  | -1.005  | -1.067  | 0.000  | 0.000   | -0.024 | -0.003 |
| 200       | 201     | 5.391   | 2.062   | 5.242   | 1.882   | 0.149  | 0.179   | 0.094  | 1.272  |
| 201       | 2351    | -0.986  | -1.876  | -0.993  | -1.884  | 0.007  | 0.008   | -0.036 | -0.164 |
| 21101     | 2351    | 0.497   | 0.936   | 0.497   | 0.936   | 0.001  | 0.000   | 0.006  | 0.023  |
| 2         | 21101   | 2.971   | 2.528   | 2.964   | 2.335   | 0.007  | 0.192   | 0.021  | 3.614  |
| 21101     | 2101    | 2.467   | 1.399   | 2.463   | 1.336   | 0.004  | 0.063   | 0.016  | 1.362  |
| 2101      | 2102    | -2.464  | -1.332  | -2.464  | -1.332  | 0.000  | 0.000   | -0.167 | -0.000 |
| 21102     | 2102    | 2.468   | 1.396   | 2.464   | 1.332   | 0.004  | 0.063   | 0.016  | 1.360  |
| 2         | 21102   | 2.972   | 2.528   | 2.964   | 2.335   | 0.007  | 0.192   | 0.021  | 3.614  |
| 21102     | 2352    | 0.496   | 0.939   | 0.496   | 0.939   | 0.001  | 0.000   | 0.006  | 0.023  |
| 2352      | 2351    | 0.496   | 0.939   | 0.496   | 0.939   | 0.000  | 0.000   | 0.018  | 0.000  |
| 201       | 202     | 4.534   | 2.746   | 4.448   | 2.643   | 0.086  | 0.103   | 0.090  | 0.832  |
| 202       | 205     | 2.864   | 1.761   | 2.832   | 1.723   | 0.031  | 0.038   | 0.058  | 0.473  |
| 205       | 206     | 0.825   | 0.422   | 0.820   | 0.416   | 0.005  | 0.006   | 0.016  | 0.248  |
| 206       | 207     | -1.086  | -0.865  | -1.093  | -0.873  | 0.007  | 0.008   | -0.025 | -0.249 |
| 207       | 4351    | -2.364  | -1.536  | -2.418  | -1.601  | 0.054  | 0.065   | -0.049 | -0.966 |
| 41101     | 4351    | 0.622   | 0.399   | 0.622   | 0.399   | 0.000  | 0.000   | 0.004  | 0.031  |
| 4         | 41101   | 2.050   | 1.249   | 2.047   | 1.171   | 0.003  | 0.077   | 0.013  | 1.926  |
| 41101     | 4101    | 1.425   | 0.772   | 1.424   | 0.750   | 0.001  | 0.021   | 0.009  | 0.774  |
| 4101      | 4102    | -3.403  | -1.848  | -3.403  | -1.848  | 0.000  | 0.000   | -0.233 | -0.000 |
| 41102     | 4102    | 3.406   | 1.899   | 3.403   | 1.848   | 0.002  | 0.051   | 0.022  | 0.765  |
| 4         | 41102   | 5.208   | 3.263   | 5.203   | 3.065   | 0.005  | 0.198   | 0.034  | 1.931  |
| 41102     | 4352    | 1.797   | 1.166   | 1.796   | 1.166   | 0.001  | 0.000   | 0.012  | 0.025  |
| 4352      | 4351    | 1.796   | 1.166   | 1.796   | 1.166   | 0.000  | 0.000   | 0.037  | 0.000  |
| 207       | 207101  | 0.632   | 0.335   | 0.630   | 0.320   | 0.002  | 0.015   | 0.013  | 0.452  |
| 207101    | 207102  | -0.630  | -0.320  | -0.630  | -0.320  | 0.000  | 0.000   | -0.040 | -0.000 |
| 207       | 207102  | 0.632   | 0.335   | 0.630   | 0.320   | 0.002  | 0.015   | 0.013  | 0.452  |
| 202       | 202101  | 0.612   | 0.319   | 0.611   | 0.309   | 0.001  | 0.010   | 0.012  | 0.292  |
| 202101    | 202102  | -0.958  | -0.500  | -0.958  | -0.500  | 0.000  | 0.000   | -0.060 | -0.000 |
| 202       | 202102  | 0.959   | 0.516   | 0.958   | 0.500   | 0.002  | 0.016   | 0.019  | 0.292  |
| 201       | 201101  | 0.841   | 0.499   | 0.839   | 0.480   | 0.002  | 0.019   | 0.017  | 0.427  |
| 201101    | 201102  | -0.840  | -0.480  | -0.840  | -0.480  | 0.000  | 0.000   | -0.053 | -0.000 |
| 201       | 201102  | 0.842   | 0.498   | 0.840   | 0.480   | 0.002  | 0.019   | 0.017  | 0.427  |
| 11351     | 11352   | 0.616   | 0.656   | 0.616   | 0.656   | 0.000  | 0.000   | 0.015  | 0.000  |
| 111102    | 11352   | -0.615  | -0.656  | -0.616  | -0.656  | 0.000  | 0.000   | -0.005 | -0.030 |
| 11        | 111102  | 1.319   | 0.543   | 1.318   | 0.517   | 0.001  | 0.025   | 0.008  | 0.821  |
| 111102    | 11102   | 1.933   | 1.173   | 1.931   | 1.135   | 0.002  | 0.038   | 0.012  | 1.064  |
| 11102     | 11101   | 1.931   | 1.135   | 1.931   | 1.135   | 0.000  | 0.000   | 0.129  | 0.000  |
| 111101    | 11101   | 1.219   | 0.737   | 1.217   | 0.714   | 0.002  | 0.024   | 0.008  | 1.065  |
| 9         | 91101   | 5.165   | 3.164   | 5.147   | 2.674   | 0.018  | 0.488   | 0.034  | 4.829  |
| 91101     | 9351    | 6.427   | 2.999   | 6.406   | 2.999   | 0.021  | 0.000   | 0.036  | 0.288  |
| 9351      | 9352    | -1.587  | -1.470  | -1.587  | -1.470  | 0.000  | 0.000   | -0.033 | -0.000 |
| 91102     | 9352    | 1.588   | 1.490   | 1.587   | 1.470   | 0.001  | 0.020   | 0.011  | 0.812  |
| 9         | 91102   | 7.193   | 4.534   | 7.175   | 3.916   | 0.018  | 0.616   | 0.048  | 4.367  |
| 91102     | 9102    | 5.587   | 2.426   | 5.579   | 2.426   | 0.008  | 0.000   | 0.031  | 0.129  |
| 9102      | 9101    | 5.579   | 2.426   | 5.579   | 2.426   | 0.000  | 0.000   | 0.326  | 0.000  |
| 91101     | 9101    | -1.281  | -0.325  | -1.281  | -0.337  | 0.001  | 0.011   | -0.007 | -0.391 |
| 9351      | 401     | 4.301   | 2.345   | 4.280   | 2.315   | 0.020  | 0.030   | 0.075  | 0.257  |
| 401       | 210     | 2.699   | 1.617   | 2.682   | 1.586   | 0.017  | 0.031   | 0.049  | 0.377  |
| 210       | 211     | 1.411   | 0.909   | 1.401   | 0.897   | 0.009  | 0.011   | 0.026  | 0.320  |

|        |        |         |         |         |         |       |       |        |        |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|--------|--------|
| 211    | 212    | -0.082  | -0.055  | -0.082  | -0.055  | 0.000 | 0.000 | -0.002 | -0.016 |
| 212    | 835    | -1.452  | -0.818  | -1.462  | -0.830  | 0.010 | 0.012 | -0.026 | -0.326 |
| 8110   | 835    | 1.605   | 0.883   | 1.605   | 0.868   | 0.001 | 0.015 | 0.010  | 0.541  |
| 8      | 8110   | 7.613   | 4.826   | 7.592   | 4.111   | 0.021 | 0.712 | 0.051  | 4.727  |
| 203    | 203101 | 0.576   | 0.320   | 0.575   | 0.310   | 0.001 | 0.010 | 0.010  | 0.396  |
| 203101 | 203102 | -0.575  | -0.310  | -0.575  | -0.310  | 0.000 | 0.000 | -0.033 | -0.000 |
| 203    | 203102 | 0.576   | 0.320   | 0.575   | 0.310   | 0.001 | 0.010 | 0.010  | 0.396  |
| 835    | 203    | 0.143   | 0.109   | 0.143   | 0.109   | 0.000 | 0.000 | 0.003  | 0.057  |
| 203    | 204    | -1.019  | -0.505  | -1.024  | -0.512  | 0.005 | 0.007 | -0.018 | -0.265 |
| 204    | 9351   | -3.665  | -2.110  | -3.693  | -2.150  | 0.028 | 0.040 | -0.066 | -0.405 |
| 204    | 204101 | 1.311   | 0.770   | 1.309   | 0.745   | 0.002 | 0.024 | 0.024  | 0.402  |
| 204101 | 204102 | -1.309  | -0.744  | -1.309  | -0.744  | 0.000 | 0.000 | -0.075 | -0.000 |
| 204    | 204102 | 1.312   | 0.769   | 1.309   | 0.744   | 0.002 | 0.024 | 0.024  | 0.401  |
| 211    | 211101 | 0.737   | 0.473   | 0.734   | 0.455   | 0.003 | 0.018 | 0.014  | 0.566  |
| 211101 | 211102 | -0.735  | -0.455  | -0.735  | -0.455  | 0.000 | 0.000 | -0.044 | -0.000 |
| 211    | 211102 | 0.737   | 0.473   | 0.735   | 0.455   | 0.003 | 0.018 | 0.014  | 0.566  |
| 210    | 210101 | 0.859   | 0.467   | 0.857   | 0.451   | 0.002 | 0.016 | 0.015  | 0.403  |
| 210101 | 210102 | -0.402  | -0.188  | -0.402  | -0.188  | 0.000 | 0.000 | -0.022 | -0.000 |
| 210    | 210102 | 0.403   | 0.196   | 0.402   | 0.188   | 0.001 | 0.007 | 0.007  | 0.403  |
| 61101  | 6351   | 0.009   | -0.018  | 0.009   | -0.018  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 6351   | 6352   | 0.009   | -0.018  | 0.009   | -0.018  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 61102  | 6352   | -0.009  | 0.018   | -0.009  | 0.018   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 61102  | 6102   | 6.836   | 4.353   | 6.831   | 4.209   | 0.006 | 0.144 | 0.047  | 1.094  |
| 6102   | 6101   | 6.831   | 4.209   | 6.830   | 4.209   | 0.000 | 0.000 | 0.493  | 0.001  |
| 61101  | 6101   | 6.817   | 4.390   | 6.811   | 4.245   | 0.006 | 0.144 | 0.047  | 1.101  |
| 6      | 61101  | 6.832   | 4.604   | 6.826   | 4.371   | 0.006 | 0.232 | 0.047  | 1.740  |
| 6      | 61102  | 6.833   | 4.605   | 6.827   | 4.372   | 0.006 | 0.232 | 0.047  | 1.740  |
| 51102  | 5352   | -0.511  | -0.066  | -0.511  | -0.067  | 0.000 | 0.001 | -0.003 | -0.071 |
| 5352   | 5351   | -0.511  | -0.067  | -0.511  | -0.067  | 0.000 | 0.000 | -0.009 | -0.000 |
| 51101  | 5351   | 2.222   | 1.060   | 2.218   | 1.060   | 0.003 | 0.000 | 0.014  | 0.114  |
| 51101  | 5101   | 0.200   | 0.344   | 0.200   | 0.343   | 0.000 | 0.001 | 0.002  | 0.309  |
| 5101   | 5102   | -4.517  | -2.455  | -4.517  | -2.455  | 0.000 | 0.000 | -0.314 | -0.000 |
| 51102  | 5102   | 4.525   | 2.455   | 4.517   | 2.455   | 0.007 | 0.000 | 0.030  | 0.119  |
| 5      | 51102  | 4.020   | 2.593   | 4.014   | 2.389   | 0.006 | 0.203 | 0.027  | 2.582  |
| 5      | 51101  | 2.426   | 1.519   | 2.422   | 1.405   | 0.004 | 0.114 | 0.016  | 2.397  |
| 141102 | 14102  | 6.520   | 4.133   | 6.515   | 4.010   | 0.005 | 0.122 | 0.044  | 0.989  |
| 14102  | 14101  | 6.515   | 4.010   | 6.515   | 4.010   | 0.000 | 0.000 | 0.455  | 0.001  |
| 141101 | 14101  | 6.502   | 4.167   | 6.497   | 4.045   | 0.005 | 0.122 | 0.044  | 0.995  |
| 141101 | 14271  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 14271  | 14272  | 0.009   | -0.017  | 0.009   | -0.017  | 0.000 | 0.000 | 0.000  | 0.000  |
| 141102 | 14272  | -0.009  | 0.017   | -0.009  | 0.017   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 14     | 141102 | 6.516   | 4.348   | 6.511   | 4.150   | 0.005 | 0.197 | 0.044  | 1.571  |
| 14     | 141101 | 6.515   | 4.348   | 6.511   | 4.150   | 0.005 | 0.197 | 0.044  | 1.571  |
| 4      | 104    | -6.497  | -5.132  | -6.522  | -5.178  | 0.025 | 0.046 | -0.046 | -0.605 |
| 104    | 14     | -9.375  | -6.702  | -9.394  | -6.737  | 0.019 | 0.035 | -0.064 | -0.330 |
| 14     | 13     | -22.495 | -15.520 | -22.724 | -15.939 | 0.228 | 0.417 | -0.152 | -1.641 |
| 13     | 103    | -25.694 | -17.286 | -26.374 | -18.529 | 0.677 | 1.239 | -0.169 | -4.329 |
| 103    | 100    | -35.554 | -23.502 | -35.627 | -23.636 | 0.073 | 0.133 | -0.224 | -0.346 |
| 104    | 15     | 2.853   | 1.902   | 2.853   | 1.902   | 0.000 | 0.000 | 0.019  | 0.000  |
| 15     | 1510   | 2.844   | 1.846   | 2.828   | 1.609   | 0.016 | 0.236 | 0.019  | 4.520  |
| 10     | 1010   | 3.268   | 2.156   | 3.248   | 1.849   | 0.020 | 0.306 | 0.022  | 5.139  |
| 208    | 20810  | 1.688   | 0.981   | 1.679   | 0.899   | 0.009 | 0.082 | 0.034  | 0.905  |
| 401    | 209    | 1.581   | 0.729   | 1.581   | 0.729   | 0.000 | 0.000 | 0.027  | 0.001  |
| 9      | 901    | 11.611  | 5.476   | 11.583  | 5.396   | 0.028 | 0.080 | 0.072  | 0.495  |
| 212    | 21210  | 1.364   | 0.772   | 1.359   | 0.730   | 0.005 | 0.042 | 0.025  | 0.665  |
| 8      | 903    | -12.241 | -0.104  | -12.262 | -0.163  | 0.021 | 0.059 | -0.069 | -0.193 |
| 7      | 710    | 2.319   | 1.344   | 2.309   | 1.189   | 0.010 | 0.154 | 0.015  | 3.429  |
| 5351   | 208    | 1.708   | 1.012   | 1.693   | 0.994   | 0.015 | 0.018 | 0.035  | 0.368  |
| 209    | 20910  | 1.574   | 0.689   | 1.569   | 0.640   | 0.005 | 0.049 | 0.027  | 0.625  |
| 8110   | 810    | 5.986   | 3.228   | 5.976   | 3.228   | 0.010 | 0.000 | 0.035  | 0.138  |
| 206    | 20610  | 1.902   | 1.294   | 1.889   | 1.179   | 0.013 | 0.114 | 0.041  | 1.147  |
| 205    | 20510  | 2.002   | 1.311   | 1.989   | 1.189   | 0.014 | 0.122 | 0.042  | 1.159  |
| 103    | 12     | 9.180   | 5.640   | 9.177   | 5.637   | 0.003 | 0.003 | 0.057  | 0.038  |
| 12     | 1210   | 9.148   | 5.451   | 9.124   | 4.927   | 0.024 | 0.522 | 0.056  | 2.984  |
| 13     | 13110  | 2.959   | 2.091   | 2.948   | 1.824   | 0.010 | 0.266 | 0.020  | 4.860  |
| 13110  | 1335   | -0.000  | 0.000   | -0.000  | 0.000   | 0.000 | 0.000 | -0.000 | -0.000 |
| 13110  | 1310   | 2.948   | 1.824   | 2.938   | 1.669   | 0.010 | 0.155 | 0.020  | 2.926  |
| 3      | 310    | 2.955   | 1.923   | 2.938   | 1.669   | 0.017 | 0.253 | 0.020  | 4.675  |
| 1      | 110    | 2.317   | 1.321   | 2.309   | 1.189   | 0.009 | 0.131 | 0.014  | 3.002  |



## **ДОДАТОК Г**

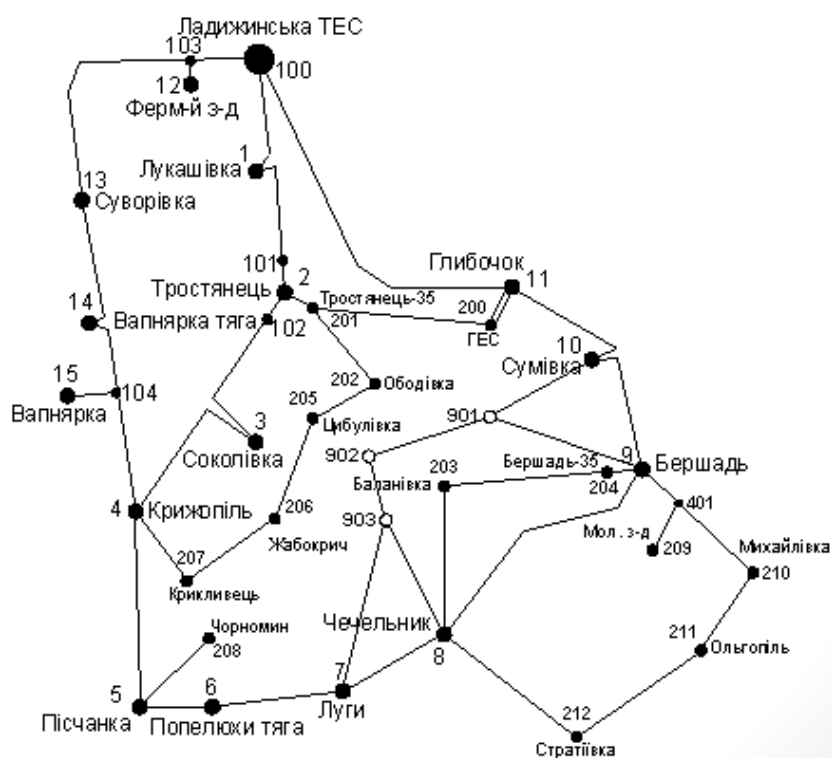
### **ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

#### **РОЗВИТОК ФРАГМЕНТУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ З АНАЛІЗОМ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ**

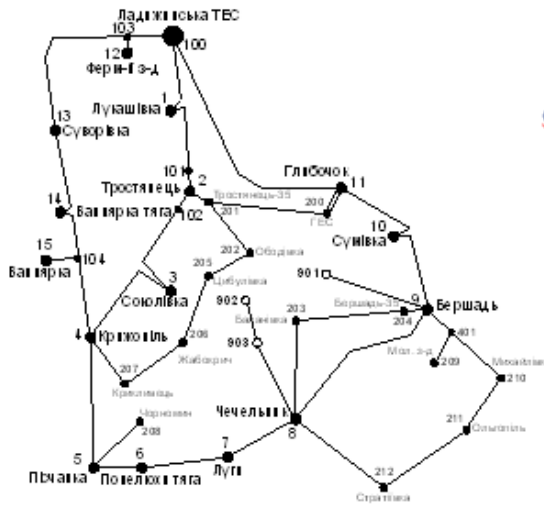
**Схема існуючої електричної мережі з новими споживачами**



**Максимальний граф схеми ЕМ**  
(усі можливі варіанти приєднання нових ПС)



*Граф оптимальної схеми ЕМ отриманої  
після розрахунку за симплекс-методом*

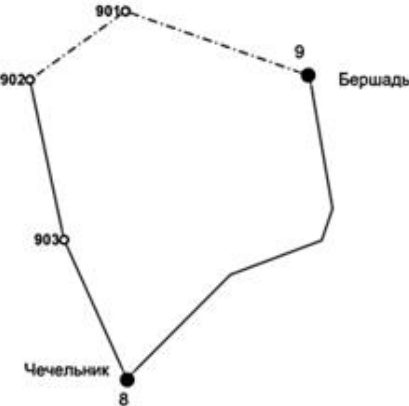
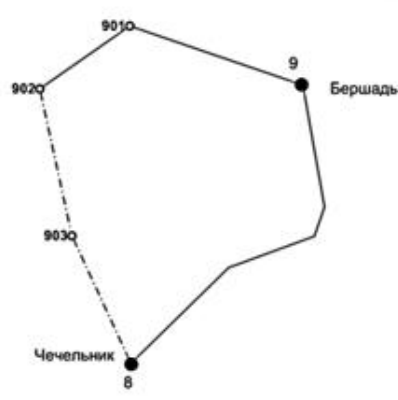
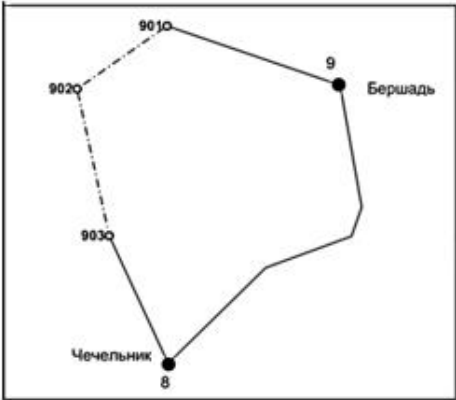


*Оптимальна схема ЕМ із забезпеченням  
споживачів першою категорією надійності*



Актив

*Варіанти розвитку електричної мережі*



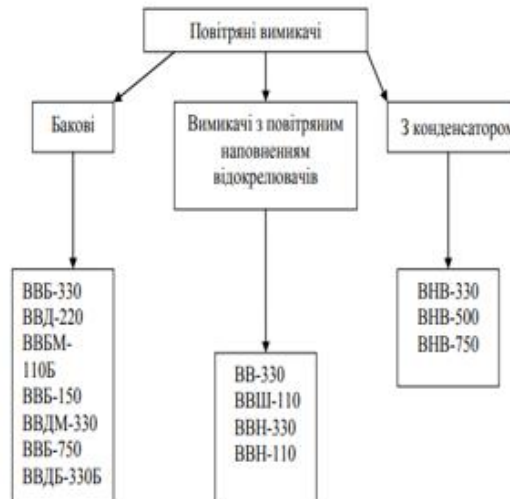
| Послідовність будівництва |                                   |
|---------------------------|-----------------------------------|
| —                         | ЛЕП яка будується на першому році |
| - - -                     | ЛЕП яка будується на другому році |

Актив



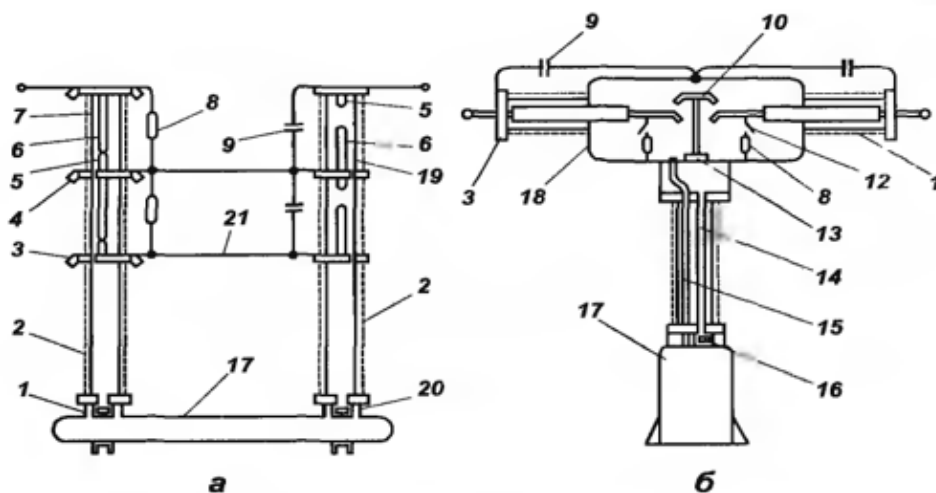


### Класифікація повітряних вимикачів



Актив

### Принципові конструктивні схеми повітряних вимикачів на 110 кВ



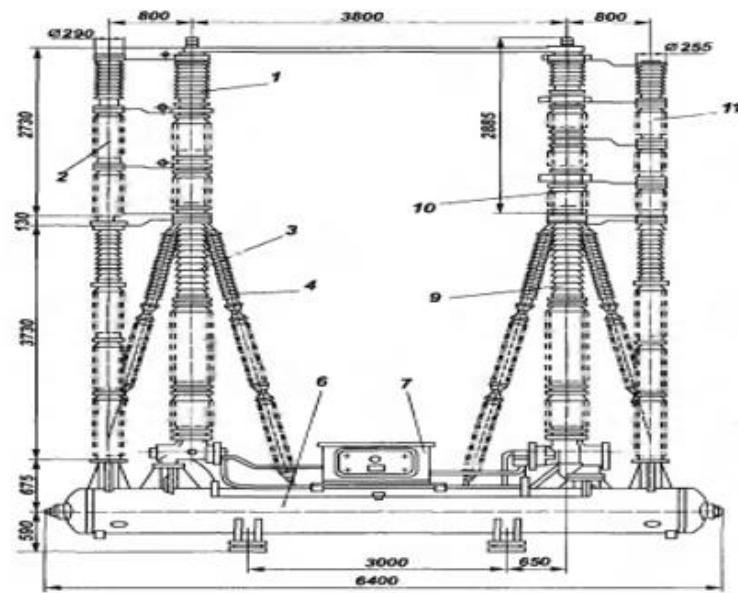
**а) серія ВВШ (ВВН);**

**б) серія ВВБ**

1 і 13 – дуттьові клапани дугогасильної камери; 2 – порцеляновий опорний ізолятор; 3 – фланець; 4 – висловний клапан; 5 – нерухомий контакт; 6 – рухомий контакт; 7 – дугогасильна камера; 8 – резистор; 9 – ємнісний подільник напруги (в нових конструкціях вимикачів на 110 кВ не застосовується); 10 – траверса з рухомими контактами; 11 – порцелянова сорочка; 12 – додатковий контакт; 14 – імпульсний повітропровід; 15 – основний повітропровід; 16 – клапани вмикання й вимикання; 17 – резервуар стисненого повітря; 18 – металева камера; 19 – віддільник; 20 – дуттьовий клапан віддільника; 21 – трубчаста шина

Актив

### Повітряний вимикач ВВН- 330-15 з наповненням повітрям віддільника



1 – віддільник; 2 – ємнісні ділянки напруги; 3 – опорні ізолятори віддільника; 4 – натяжні ізолятори; 5 – дуттьові клапан віддільника; 6 – підстава вимикача – два резервуари стиснені повітря; 7 – шафа керування; 8 – дуттьовий клапан дугогасильних камер; 9 – опорні ізолятори дугогасильних камер; 10 – дугогасильні камери; 11 – шунтувальні опори

АКТИВ

#### Основні техніко-економічні показники розвиненої ЕМ

|                                                                                         |                 |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|
| Сумарне максимальне навантаження нових підстанцій мережі                                | <b>МВт</b>      | 46,45       |
| Тривалість використання найбільшого навантаження для нових споживачів                   | <b>год</b>      | 5600        |
| Сумарна електроенергія, відпущена новим підстанціям                                     | <b>МВт*год</b>  | 260 120     |
| Сумарні капітальні витрати на розвиток електричної мережі                               | <b>тис.грн.</b> | 206 633,983 |
| Термін окупності капіталовкладень у розвиток електричної мережі                         | <b>рік</b>      | 4,4         |
| Очікувані втрати активної потужності у електричній мережі після здійснення розвитку     | <b>МВт</b>      | 5,73        |
| Очікувані втрати активної потужності у електричній мережі після здійснення розвитку     | <b>%</b>        | 2,47        |
| Зміна втрат активної електроенергії за рахунок розвитку електричної мережі              | <b>МВт*год</b>  | 1046,21     |
| Очікувані втрати активної електроенергії в електричній мережі після здійснення розвитку | <b>МВт*год</b>  | 27,07       |

АКТИВ