

**КПІ ім. Ігоря Сікорського**  
**Факультет електроенерготехніки та автоматики**  
**Галузева науково-дослідна лабораторія**  
**"Автоматизація управління електричними**  
**мережами вищих класів напруги"**

**ТОВ "ЕНЕРГЕТИЧНІ РІШЕННЯ"**

**Інструкція користувача програмного комплексу**  
**"Розрахунок, аналіз та оптимізація**  
**технологічних втрат"**  
**(РАОТВ)**

**Київ 2024 р.**

# Зміст

<b>1. Загальні відомості щодо комплексу РАОТВ.....</b>	<b>4</b>
1.1. Розробники комплексу.....	4
1.2. Основне призначення комплексу .....	4
1.3. Структура комплексу.....	5
1.4. Установка комплексу.....	5
1.5. Макети таблиць (файл maket.zr).....	6
1.6. Сервісні функції при роботі з табличними форматами.....	7
1.7. Каталогні (довідникові) дані.....	10
1.7.1. Кабельні, повітряні лінії (файл sprav_ln.cat).....	10
1.7.2. Двообмоткові трансформатори (файл sprav_t2.cat).....	10
1.7.3. Триобмоткові трансформатори (файл sprav_t3.cat).....	11
1.7.4. Розщеплені трансформатори (файл sprav_tr.cat).....	11
1.7.5. Струмообмежувальні реактори (файл sprav_rt.cat).....	12
1.7.6. Комутаційні апарати (файл sprav_ka.cat).....	12
1.7.7. Номінальні напруги (файл sprav_un.cat).....	12
1.7.8. Статичні характеристики навантаження (файл sthar_pq.cat).....	13
1.7.9. Добові графіки навантаження.....	13
1.8. Друк таблиці.....	18
<b>2. Підготовка інформаційної бази мереж 10(6)/0.38 кВ.....</b>	<b>19</b>
2.1. Інформаційна база мереж 10(6)/0.38 кВ.....	19
2.2. Еквівалентна модель лінії 0.38 кВ.....	24
2.3. Однолінійна модель лінії 0.38 кВ.....	27
2.4. Трифазна модель лінії 0.38 кВ.....	27
2.5. Табличні формати ліній 0.38 кВ.....	29
2.6. Приклад заповнення форматів лінії 0.38 кВ.....	31
<b>3. Задача "База РЕМ".....</b>	<b>34</b>
3.1. Створення, редагування, копіювання бази РЕМ.....	35
3.2. Вихідні формати РЕМ.....	35
3.2.1. Формат ліній 10(6) кВ.....	35
3.2.2. Формат трансформаторів ТП, РП.....	36
3.2.3. Лінії 0.4 кВ.....	38
3.2.4. Схеми ліній 0.4 кВ.....	39
3.2.5. Вводи підстанцій.....	40
3.2.6. Фідери підстанцій.....	41
3.2.7. Райони схеми.....	41
3.2.8. Журнал переключень.....	41
3.2.9. Абоненти РЕМ.....	42
3.3. База комерційного обліку.....	42
3.3.1. База промислових абонентів.....	42
3.3.2. База побутових абонентів.....	43
3.4. Імпорт бази абонентів.....	43
3.5. Формування завантаження ТП, РП.....	44
3.6. Формування схеми.....	46
3.7. Аналіз розподілу навантажень.....	49
3.8. Порівняння підстанцій 10 ↔ 110 кВ.....	50
<b>4. Задача "Z-режим".....</b>	<b>51</b>
4.1. Створення, редагування і копіювання схеми.....	53
4.1.1. Вузли схеми.....	53
4.1.2. Вітки схеми.....	55
4.1.3. Перетоки в лініях.....	56
4.1.4. Райони схеми.....	57
4.1.5. Журнал переключень.....	57
4.2. Реконфігурація схеми.....	58
4.3. Тест переключень.....	58
4.4. Контроль конфігурації схеми.....	59
4.5. Перерахунок опорів гілок (R, X).....	59
4.6. Розрахунок режиму схеми.....	59

4.7. Балансування схеми .....	61
4.8. Формати таблиць результатів розрахунку режиму .....	63
4.8.1. Напруги вузлів .....	63
4.8.2. Завантаження ліній .....	63
4.8.3. Завантаження трансформаторів .....	63
4.8.4. Втрати в лініях .....	64
4.8.5. Втрати в трансформаторах .....	64
4.8.6. Втрати в схемі .....	64
4.8.7. Загальні характеристики режиму .....	66
4.9. Розрахунок ЕЕРП вузлів .....	66
4.10. Автоматична графіка схем .....	66
4.10.1. Загальні положення .....	67
4.10.2. Параметри графіки схеми .....	69
4.10.3. Друк схеми .....	72
4.10.4. Пошук вузла на схемі .....	73
4.10.5. Сервіс при перегляді графіки .....	73
4.10.6. Сервіс при редагуванні графіки .....	74
4.10.7. Пошук вузлів без живлення на графіці .....	79
4.10.8. Пошук замкнених контурів на графіці .....	80
4.11. Задачі оптимізації .....	80
4.11.1. Оптимізація місць розривів .....	81
4.11.2. Оптимізація реактивних потужностей .....	85
4.11.3. Оптимізація коефіцієнтів трансформації .....	93
4.11.4. Оптимізація включених трансформаторів .....	97
4.11.5. Оптимізація місць встановлення реклоузерів .....	98
4.12. Розрахунок ТВЕ .....	105
4.13. Розрахунок втрат електроенергії .....	106
4.13.1. Втрати в лініях .....	107
4.13.2. Втрати в трансформаторах .....	108
4.13.3. Завантаження ліній .....	108
4.13.4. Завантаження трансформаторів .....	108
4.13.5. Споживання у вузлах .....	108
4.13.6. Втрати в схемі .....	109
4.13.7. Звіт з втрат .....	110
4.13.8. Загальні характеристики .....	110
4.13.9. Контрольні повідомлення .....	110
4.14. Баланси електроенергії .....	110
<b>5. Задача "КВАРЕМ" .....</b>	<b>124</b>
5.1. Створення, редагування та копіювання бази споживачів .....	125
5.2. Вибір каталогів розрахункових схем .....	125
5.3. Формати таблиць інформаційної бази споживачів .....	127
5.3.1. Споживачі .....	127
5.3.2. Точки обліку .....	127
5.3.3. Інші таблиці .....	128
5.3.4. Автоматична графіка схем радіусів живлення споживачів .....	128
5.4. Побудова радіусу живлення та розрахунок ЕЕРП .....	129
5.5. Друк документів .....	132
5.6. Додаткові функції .....	134
5.6.1. Порівняння баз споживачів .....	134
5.6.2. Копіювання бази споживачів .....	134
5.6.3. Відновлення бази споживачів .....	135
5.6.4. Імпорт бази споживачів .....	135
5.6.5. Функції автоматичного вводу та заміни даних .....	135
5.6.6. Формування звіту по середнім значенням ЕЕРП .....	136
5.6.7. Додаткові службові задачі .....	137
<b>6. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання .....</b>	<b>138</b>
6.1. Робота з файлами даних для розрахунку С.К.З. .....	138
6.2. Формування радіусу та розрахунок С.К.З. .....	138

# 1. Загальні відомості щодо комплексу РАОТВ

## 1.1. Розробники комплексу

Програмний комплекс РАОТВ є розробкою Галузевої науково-дослідної лабораторії "Автоматизація управління електричними мережами вищих класів напруги" при факультеті електроенергетехніки та автоматики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (ГНДІ ФЕА КПІ ім. Ігоря Сікорського). Автори: Банін Дмитро Борисович (к.т.н., доцент кафедри Автоматизації енергосистем ФЕА), Банін Максим Дмитрович (зав. ГНДІ, заст. директора ТОВ "ЕНЕРГЕТИЧНІ РІШЕННЯ"), Гнатовський Артем Віталійович (н.с. ГНДІ). Початок розробки комплексу - середина 1990-х (мова програмування Pascal, Delphi 1, 3, 5).

## 1.2. Основне призначення комплексу

Основне промислове призначення комплексу РАОТВ – це супровід нормативно-правового акту "Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії" в частині формування і корекції інформаційної бази розрахункових схем 0.38 – 150 кВ операторів систем розподілу (ОСР) України і розрахунків економічних еквівалентів реактивної потужності (ЕЕРП) споживачів електроенергії. Математичний апарат комплексу базується на використанні розімкненої моделі схеми і матриці контурних опорів. Функціонал комплексу РАОТВ включає типові задачі для розімкнених або слабозамкнених мереж 0.38 – 150 кВ:

- розрахунок і аналіз усталеного режиму з багатьма балансуєчими вузлами;
- балансування недостовірних навантажень за даними вимірів;
- задачі оптимізації втрат за конфігурацією розімкненої мережі, реактивною потужністю, режимом роботи трансформаторів;
- задача вибору оптимальних місць розміщення комутаційних пристроїв за критеріями надійності електропостачання (SAIDI, SAIFI, ENS);
- розрахунок втрат і складання балансів електроенергії для пошуку і локалізації місць із завищеними комерційними втратами;
- розрахунок струмів трифазних коротких замикань.

Особливістю комплексу РАОТВ є **автоматична графіка** розрахункових схем, що формується на базі табличних форматів вузлів і віток схеми. Перевагою такого апарату є значне скорочення часу для формування і корекції бази розрахункових схем (немає витрат часу на формування графічної бази схеми), можливість відображення вихідних параметрів (назви і номери вузлів, марки і довжини ліній, марки трансформаторів, параметри R, X, G, B, Kтр), результатів розрахунку режиму (напруги вузлів, струми і перетоки потужності на початку і в кінці віток, перетоки електроенергії) та можливість відображення і аналізу окремих фрагментів схеми, що формуються за певними переліком типових операцій:

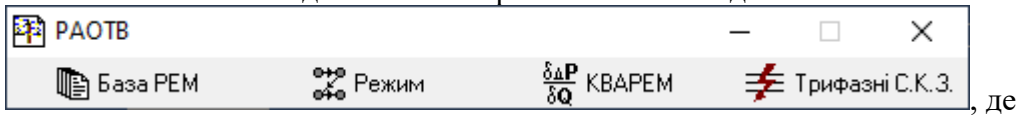
- **радіус живлення** – ланцюг живлення від заданого вузла до балансуєчого пункту;
- **дерево живлення** – відображення фрагменту схеми, що живиться від заданого вузла;
- **траси живлення** – відображення фрагменту схеми, що містить основний радіус живлення і всі радіуси живлення через один розрив, тобто резервні радіуси живлення;
- **ярус вузла** – відображення всіх зв'язків заданого вузла.

У комплексі РАОТВ також виконуються розрахунки усталених режимів складнозамкнених промислових схем 110 – 750 кВ з багатьма вузлами з фіксацією модуля напруги (вузли ФМ). Особливістю таких розрахунків є велика кількість замкнених контурів (великий обсяг матриці контурних опорів), наявність комплексних коефіцієнтів трансформації (матриця контурних опорів є несиметричною), змінний склад вузлів ФМ в залежності від обмежень за реактивною потужністю генераторних блоків та ін.

Для реалізації розрахунків складової ЕЕРП (D1) мереж 110 – 750 кВ і складової ЕЕРП (D2) мереж 0.38 – 150 кВ, розрахунки усталених режимів виконуються з великою точністю збігу ітераційного процесу (нев'язка за напругою складає  $10^{-6}$  –  $10^{-8}$  кВ) для чисельного обчислення ЕЕРП, що є похідною від сумарних втрат активної потужності за реактивною потужністю окремих вузлів:  $\partial \Delta P / \partial Q$ .

### 1.3. Структура комплексу

Комплекс складається з чотирьох основних задач:



"База РЕМ" – інформаційна база мереж 0.38 – 10 кВ районів електричних мереж (РЕМ);  
"Z-режим" – основна функціональна частина комплексу з розрахунку, аналізу і оптимізації режимів електричних мереж 0.38 – 750 кВ;

"КВАРЕМ" – комплекс відліковий аналізу реактивів електричних мереж;

"Трифазні С.К.З." – розрахунок трифазних коротких замикань.

Задача "База РЕМ" призначена для максимального полегшення формування і корекції інформаційної бази мереж 0.38 – 10 кВ великих обсягів. В цій задачі наявні окремі табличні формати для ліній 10(6) кВ, трансформаторів 10(6)/0.38 кВ ТП, РП, ліній 0.38 кВ та їх поопорних схем. Параметри ліній задаються формальними текстовими записами, що містять їх марки і довжини, параметри трансформаторів – їх марками. При формуванні розрахункової схеми забезпечується унікальна текстова ідентифікація вузлів схеми, виконується контроль правильності текстових записів ліній і марок трансформаторів шляхом розрахунку параметрів R, X, G, B віток схеми, а також виконується контроль конфігурації: наявність вузлів без живлення і замкнених контурів.

В назві задачі "Z-режим" літера "Z" означає, що математичний апарат комплексу базується саме на матрицях опорів (Z) – моделі розімкненої мережі (формально матриця Z розімкненої мережі) і матриці Z контурних опорів. Ця задача містить основний функціонал комплексу РАОТВ, що відповідає його назві – розрахунок, аналіз і оптимізація технологічних втрат. Математичний апарат дозволяє виконувати розрахунки усталених режимів мереж 0.38 – 750 кВ за уніфікованими даними вузлів і віток схеми.

В задачі "КВАРЕМ" виконуються розрахунки складових ЕЕРП (D2) для інформаційної бази споживачів електроенергії. Приблизно до 2015 року комплекс "КВАРЕМ", як і задача "База РЕМ", були окремими програмними комплексами, але для зручності користування були об'єднані в комплексі РАОТВ. Назва "КВАРЕМ" залишена, оскільки наявна в Методиці обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії.

Задача "Трифазні С.К.З." реалізує розрахунок трифазних струмів короткого замикання з урахуванням опору системи і впливу високовольтних синхронних двигунів, що підживлюють струм к.з. на початковій стадії.

### 1.4. Установка комплексу

Програмний комплекс встановлюється (переноситься на інший комп'ютер) копіюванням наступного складу файлів:

- vk\_raotp.exe** – файл запуску комплексу РАОТВ;
- vk\_raotp.ini** – файл ініціалізації програмних налаштувань;
- maket.zr** – опис макетів таблиць;
- sprav\_ln.cat** – довідник кабельних та повітряних ліній;
- sprav\_t2.cat** – довідник двообмоткових трансформаторів;
- sprav\_t3.cat** – довідник триобмоткових трансформаторів;
- sprav\_tr.cat** – довідник розщеплених трансформаторів;
- sprav\_rt.cat** – довідник струмообмежувальних реакторів;
- sprav\_ka.cat** – довідник комутаційних апаратів;
- sthar\_pq.cat** – довідник статичних характеристик навантажень;
- sprav\_un.cat** – довідник номінальної напруги вузлів.

Слід акцентувати увагу на наступному переліку налаштувань у файлі vk\_raotp.ini, що встановлюються вручну:

**FlagLang = (0,1)** – флаг мови інтерфейсу: "0" – російська; "1" – українська.

**GroupTrPnt = (0,1)** – цей флаг має значення при розрахунку ЕЕРП (D2) в комплексі КВАРЕМ. При установці "1" (за замовчуванням) всі точки обліку з однаковою добавкою

трансформатора, наприклад, "ТП-100+Т1" об'єднуються в один вузол із сумарним навантаженням, що є логічним і коректним при розрахунку ЕЕРП. Однак не у всіх ОСР вдається вчасно встановити останню версію комплексу РАОТВ, тому для сумісності розрахунків залишено можливість розрахунку ЕЕРП у попередньому варіанті (без об'єднання).

**CutMark = (0,1)** – флаг стосується пошуку марок у довіднику повітряних і кабельних ліній, при значенні "1" виконується повторний пошук з обрізанням марки до трьох символів.

**JoinZnak = (0,1)** – використовується при об'єднанні схем і відповідає за контроль балансу потужності у стикувальних вузлах: при від'ємному балансі потужності і  $JoinZnak = 0$  у стикувальний вузол буде встановлено від'ємну потужність навантаження, при  $JoinZnak = 1$  за тих же умов, потужність навантаження стикувального вузла буде прийнято рівною нулю. **При виконанні розрахунків ЕЕРП (D1) слід виставляти  $JoinZnak = 0$**  для того, щоб при об'єднанні схеми ОЕС України і окремих енергосистем небаланс потужності у стикувальних вузлах (позитивний або негативний) покладався на ці вузли. **При об'єднанні схем 110(150)/35 кВ і схем 10(6)/0.38 кВ необхідно встановити  $JoinZnak = 1$**  для того, щоб у стикувальні вузли встановлювався тільки позитивний небаланс потужності, оскільки від'ємна потужність (генерація) фізично відсутня у стикувальних вузлах (стикувальними вузлами, як правило, є секції шин 10(6) кВ).

**FullRadius = (0,1)** – установки стосуються відображення фрагменту схеми при побудові радіуса живлення. Значення 1 відповідає повному відображенню елементів схеми, значення 0 відповідає побудові одного з можливих варіантів. **Для розімкнених або слабозамкнених схем доцільно встановлювати  $FullRadius = 1$** , а для складнозамкнених схем, де побудова радіуса довільного вузла буде охоплювати значний обсяг схеми, доцільно встановлювати  **$FullRadius=0$** .

**FullTree = (0,1)** – установки стосуються відображення фрагментів схеми при побудові дерева живлення. При установці **FullTree = 0** відображається тільки замкнена частина дерева живлення, а всі елементи розімкненої частини на відображаються. Такий варіант може використовуватись для аналізу складнозамкнених схем.

**FAbon, FRayon = (0,1)** – при установці "1" на графіці схеми до диспетчерських номерів віток додаються символ "А" для абонентських ліній, та/або номер району до якого відноситься вітка. Таке відображення може бути корисним при перевірці балансної приналежності вітки без відкриття вікна її властивостей.

**K3f = 2** – стосується формування навантаження у вузлах поопорних схем 0.38 кВ. Представляє собою коефіцієнт збільшення навантаження трифазного приєднання порівняно з однофазним (за замовчування дорівнює 2).

**PrnPQ = (0,1)** – вивід значень потужностей точок обліку у шаблон таблиці листа-повідомлення про перерахунок ЕЕРП.

## 1.5. Макети таблиць (файл maket.zr)

Кожен табличний формат інформаційної бази комплексу РАОТВ зберігається в окремому файлі, наприклад, формат вузлів схеми зберігається у файлі \*.UZL, формат віток у файлі \*.VET і т.д. Склад колонок і опис їх властивостей при відображенні у табличному форматі містяться у файлі **maket.zr**, наприклад, фрагмент формату "Узлы схемы" показано нижче:

```
Name=Узлы схемы
Extention=.UZL
Count=54
Order=
1,20,11,0,1,1,0,0,Nr,№р~Номер района
1,55,11,0,1,1,0,0,NS,N вузла~Номер вузла
s,150,255,0,1,1,0,0,Name,Позначення~Позначення вузла
c,15,1,0,1,1,0,0,Sign,П~Ознаки: "б" - балансуєчий пункт, "u" - вузол ФМ
b,15,1,0,1,0,0,0,Peak,В~Ознака вершини на графіці: 1 - вершина схеми, 2 - вершина підсхеми
d,50,14,3,1,1,0,0,Pn,Pнав~Активне навантаження [МВт]
d,50,14,3,1,1,0,0,Qn,Qнав~Реактивне навантаження [МВАр]
d,50,14,3,1,1,0,0,Pg,Pген~Активная генерація [МВт]
d,50,14,3,1,1,0,0,Qg,Qген~Реактивная генерація [МВАр]
f,35,14,3,1,0,0,0,Qmin,Qmin~Нижня межа генерації реактивної потужності для вузлів ФМ [МВАр]
f,35,14,3,1,0,0,0,Qmax,Qmax~Верхня межа генерації реактивної потужності для вузлів ФМ [МВАр]
f,35,14,1,1,1,0,0,Gs,Gш~Активна провідність шунта [мксМ]
f,35,14,1,1,1,0,0,Bs,Вш~Реактивна провідність шунта [мксМ]
...
```

Поле "Name=" містить ідентифікатор формату, наприклад, "Узлы схеми" (назва формату не переводиться з російської на українську, оскільки є ідентифікатором типу файлу і наявна в багатьох існуючих файлах), поле "Extension=" відповідає за розширення файлу – ".UZL", поле "Count=" містить кількість колонок – 54 (на цей час максимум – 80), поле "Order=" вказує на порядок сортування колонок при відображенні (наприклад, запис "Order=1,3,5" при відображенні таблиці виконує сортування за 1-ю, 3-ю і 5-ю колонками). Подальші рядки містять опис конкретних колонок: "1,2,3,4,5,6,7,8,N1,N2~C", де

1 – тип даних:

- "c" – символний (один символ);
- "b" – цілочисельний байт (0..255);
- "i" – цілочисельний зі знаком 2 байти (–32768..32767);
- "w" – цілочисельний 2 байти (0..65535);
- "l" – цілочисельний зі знаком 4 байти (–2147483648..2147483647);
- "n" – цілочисельний зі знаком 8 байт (–2<sup>63</sup>..2<sup>63</sup>–1);
- "f" – з плаваючою крапкою 4 байти (7-8 значущих цифр);
- "d" – з плаваючою крапкою 8 байт (15-16 значущих цифр);
- "s" – символна строка (зберігається за довжиною окремої строки).

2 – ширина колонки у пікселях;

3 – максимальна кількість символів, наприклад, для типу "c" – 1 (один символ), для типу "b" – 3 (число 255), для типу "l" – 11 (10 значущих цифр і знак), для типу "f" – 14 (8 значущих цифр, крапка, знак числа, символ ступеня "e", знак ступеня, два знаки ступеня) і т.д.;

4 – кількість знаків після коми для типів "f" і "d", значення "-1" виводить повну кількість знаків;

5 – "1" – колонка редагується, "0" – не редагується;

6 – "1" – колонка відображається, "0" – не відображається;

7 – колір тексту і фону колонки: (n = 0..15: білий, блакитний, фіолетовий, синій, жовтий, світло-зелений, червоний, світло-сірий, темно-сірий, циановий, темно-фіолетовий, темно-синій, оливковий, темно-зелений, коричневий, чорний), колір = n<sub>текст</sub> + (15 – n<sub>фон</sub>) · 2<sup>4</sup>;

8 – колір заголовку колонки (аналогічно 7, але у зворотному порядку: 15..0);

N1 – ідентифікатор колонки (латинські назви);

N2 – заголовок колонки;

C – коментар колонки.

Ряд властивостей, таких як ідентифікатор формату, розширення файлу, типи і ідентифікатори колонок не повинні редагуватися користувачем, тому недосвідченим користувачам небажано напряму редагувати файл макетів, тим більше, що в комплексі РАОТВ для кожного табличного формату доступна редакція таких параметрів як заголовок колонки, ширина колонки у пікселях, коментар до колонки, кольори колонки та ін. у віконному форматі. Але порядок самих колонок табличного формату можна змінити лише у файлі макетів.

## ***1.6. Сервісні функції при роботі з табличними форматами***

**1.6.1. Функціональні клавіші.** При роботі з таблицями можна скористатися наступним складом функціональних клавіш, інформація по яких показується внизу кожної таблиці:

F2 зберегти F3 пошук F4 ред./перег F5 копії блок F6 вст блок F7 вст рядок F8 видал рядка F9 параметри

**F2 зберегти** – збереження даних таблиці;

**F3 пошук** – пошук у стовпці, де зараз знаходиться курсор, після натискання з'являється вікно пошуку, куди вводиться потрібний текст. Пошук починається з першого рядка колонки;

**F4 ред/перег** – перемикання між режимами редагування і перегляду таблиці;

**F5 копії блок** – копіювання в буфер виділеного фрагмента таблиці (працює в режимі перегляду);

**F6 вст блок** – вставка з буфера фрагмента таблиці (працює в режимі перегляду);

**F7 вст рядок** – додавання порожнього рядка вище того, на якому знаходиться курсор;

**F8 видал рядка** – видалення рядка, на якому знаходиться курсор;

**F9 параметри** – розрахунок параметрів схеми заміщення ліній, трансформаторів та реакторів (R, X, G, B) за довідниковими даними. У вікні параметрів для занесення даних по лініях потрібно натиснути кнопку "Лінії", задати "Уном", задати марку і довжину лінії у форматі "Довжина (в метрах)\*Марка-переріз", наприклад, 600\*АС-95 – провід довжиною 0.6 км марки АС із перерізом 95 мм<sup>2</sup>. Послідовні ділянки лінії з різними марками розділяються символом "+", паралельні ділянки – символом "/", складні вирази можна брати у дужки. Уточнити або додати нову марку лінії можна за допомогою кнопки "Довідник". Для розрахунку опору і провідності (R, X, G, B) потрібно натиснути кнопку "Параметри":

Параметри двообмоткових, розщеплених і триобмоткових трансформаторів вводяться кнопками "2-обм. тр-ри", "Розщ. тр-ри" і "3-обм. тр-ри". Текстовий запис марки трансформатора включає символну аббревіатуру, потужність і номінальні напруги обмоток, наприклад, ТДТН-25000/115/38.5/11 – трифазний, охолодження з дуттям, триобмотковий, регулювання РПН, потужність 25000 кВА,  $U_{вн} = 115$  кВ,  $U_{сн} = 38.5$  кВ,  $U_{нн} = 11$  кВ. Вибрати марку трансформатора можна з каталогу *індивідуальних паспортних даних* (кнопка "Вибір тр-ра") або з каталогу довідникових даних (кнопка "Довідник"). Також марку трансформатора можна ввести вручну в поле "Марка". Для розрахунку опору потрібно натиснути кнопку "Параметри". Занесення даних по розщепленим або триобмотковим трансформаторам виконується для трипроменевих схем заміщення із зазначенням обмотки трансформатора (ВН, НН1, НН2) або (ВН, СН, НН). Якщо у трансформатора встановлено регулювання ПБЗ (РПН), то пересуванням відповідного регулятора можна змінювати коефіцієнт трансформації.

Довідникові дані для розщеплених трансформаторів передбачають задання одного параметру  $R_{к.з.}$ ,  $U_{к.з.}$  аналогічно двообмотковим, тобто при замкнених обмотках низької напруги. За необхідності ввести дані по окремим обмоткам ВН-НН1, ВН-НН2, НН1-НН2, необхідно використовувати довідник триобмоткових трансформаторів, не забувши вказати потужність обмоток НН1, НН2 – 50%.

Параметри реакторів вносяться аналогічно трансформаторам. Текстовий запис марки реактора включає текстову аббревіатуру, номінальну напругу, номінальний струм та індуктивний опір (або процент падіння напруги), наприклад, РБ-6-4000-0.1021 – реактор з природним охолодженням,  $U_{ном} = 6$  кВ,  $I_{ном} = 4000$  А,  $X = 0.1021$  Ом. В останній позиції замість опору може бути вказано падіння напруги у відсотках від номінальної, наприклад, РБА-6-300--5, де "-5" означає 5% відсотків від номінальної напруги.

Для здвоєних реакторів (РБС), як правило, вказується індуктивний опір при струму в одній обмотці і відсутньому струму в іншій, але, в залежності від величини і напрямку перетікання струмів в обмотках здвоєного реактора (струми в одному напрямку або зустрічні), значення індуктивного опору може уточнюватись.



**1.6.2. Контекстне меню.** При натисканні правої кнопки миші в будь-якому місці таблиці з'являється контекстне меню:

№	№р	№ вузла	Позначення	П	Рнав
1		28	1		
2		29	Пошук у колонці		
3		33	Заміна в колонці		
4		34	Вибірка за колонкою		
5		37	Сортування колонки		
6		1376	Порівняння колонки		
7		1	Сума за колонкою		
8		3	Додавання рядка		
9		2	Видалення рядка		
10		4	Копіювання блока		
11		25	Вставка блока		
12		70	Вивід в текстовий файл		
13		38	Вивід в Microsoft Excel		
14		71	Ввод із Microsoft Excel		
15		1261	Установка кольору рядка		
16		1272	Властивості таблиці		
17		1273			
18		1280			
19		1281			
20		1262			
21		1263			
22		1264	ТП193.Л1.4		

Пункти **"Пошук у колонці"**, **"Додавання рядка"**, **"Видалення рядка"**, **"Копіювання блока"**, **"Вставка блока"** відповідають функціональним клавішам **"F3"**, **"F5"** – **"F8"**;

**"Заміна в колонці"** – автозаміна одного тексту на інший у колонці де знаходиться курсор. Після натискання з'являється вікно заміни, куди вводиться текст для пошуку і заміни. Заміна проводиться відразу по всій колонці;

**"Вибірка за колонкою"** – із повної таблиці виконується вибірка "від" і "до" як числових так і строкових даних по одній колонці. Повернення до повної таблиці виконується її повторним завантаженням. На цей час дана функція недоцільна, оскільки є можливість виводу таблиці в Excel;

**"Сортування колонки"** – сортування даних за зростанням у поточній колонці;

**"Сума за колонкою"** – арифметична сума чисел за виділеним фрагментом даних в одній колонці;

**"Порівняння колонки"** – порівняння колонок поточного файлу з іншим файлом аналогічного формату. Після натискання з'являється вікно, в якому необхідно вибрати інший **"Файл для порівняння"** кнопкою **"..."**. В списку **"Порівнювати колонки"** необхідно обрати перелік колонок для порівняння, а в списку **"Пошук за колонками"** обрати колонки, які формують унікальні ключі для порівняння окремих рядків. В результаті порівнювані колонки іншого файлу повинні додатись до кінця таблиці з символами **"\*"**;

**"Вивід в текстовий файл"** – виведення колонок таблиці з роздільником **"табуляція"** в текстовий файл **"textfile.txt"** у корневу папку комплексу, що містить файл запуску **vk\_raotp.exe**;

**"Вивід у Microsoft Excel"** – спочатку дані таблиці виводяться у текстовий файл **"textfile.txt"** аналогічно попередній операції, а потім відкриваються у програмі Microsoft Excel. Повторний вивід з будь-якої таблиці неможливий поки Excel не буде закритий або файл в Excel буде збережений під іншим ім'ям.

**"Ввод із Microsoft Excel"** – імпорт даних із таблиці Microsoft Excel. Заповнення таблиці починається з першого рядка, заповнюються тільки ті колонки, заголовки яких збігаються з заголовками у файлі Excel (тобто у файлі Excel може бути довільний склад колонок), кількість рядків, що імпортується, обумовлюється непустими значеннями першої колонки Excel. Закінчення операції супроводжується повідомленням **"Ввод даних закінчено"**;

**"Установка кольору рядка"** – установка кольору фону і тексту рядка, де встановлено курсор. У вікні правою кнопкою миші обирається колір фону, а лівою – колір тексту. Швидка зміна кольору інших рядків на обраний варіант виконується клавішами **"Ctrl"+"пробіл"**;

**"Властивості таблиці"** – у вікні **"Налаштування форматів таблиць"** виводиться повний перелік колонок за їх заголовками у списку **"Колонки таблиці"**. У цьому списку можна **сховати** або **відобразити** колонку (відмітка у списку), **змінити назву заголовку** у полі **"Заголовок колонки"** (попередньо виділивши потрібну колонку у списку **"Колонки таблиці"**), **змінити ширину** колонки у пікселях, налаштувати **кількість знаків після коми** (значення **"-1"** дозволяє вивести повне значення), налаштувати доступ до редакції колонки, **обрати колір** фону, тексту і заголовку колонки та змінити **коментар (підказку)** до колонки. Всі зміни вносяться до файлу макетів **maket.zr** (п. 1.5).

При пересуванні маркера по таблиці в нижній частині вікна виводиться **коментар (підказка)** по поточній колонці, наприклад, як показано нижче для колонки "Параметри ліній":

№	п	Шн	Початок	Кінець	к	Параметри ліній	Нл	Дис.номер	І доп	А	Примар
1	П	10	Кіровоград.4.	Л-48К				Л-48К			

F2 зберегти F3 пошук F4 ред/перег F5 копі блок F6 вст блок F7 вст рядок F8 видал рядка F9 параметри  
 Марка і довжина ліній, наприклад, 100\*АСБ-95+200\*АС-50; марка трансформатора зв'язкч, наприклад, ТМ-2500/10/6.3

Для швидкого виділення кольором рядка таблиці можна використовувати комбінацію клавіш **"Ctrl" + "пробіл"**, початково це чорний текст на жовтому фоні, але при виборі іншого кольору за допомогою контекстного меню і пункту "Установка кольору рядка" у подальшому буде використовуватись остання обрана комбінація кольорів.

**Групове виділення даних** можливе тільки у режимі перегляду таблиці, і виконується лівою кнопкою миші (тільки область на екрані) або клавішами **"Shift" + ←, →, ↑, ↓**. Виділену область можна зберегти у буфер клавішою **"F5"** для подальшої вставки клавішою **"F6"**. **Групове видалення даних** у виділеній області таблиці виконується клавішами **"Ctrl"+"Del"**. Групове видалення рядків виділеної області таблиці виконується клавішою **"F8"**.

## 1.7. Каталожні (довідникові) дані

Практично у всіх задачах ("База РЕМ", "Z-режим", "КВАРЕМ") передбачено вибір каталожних (довідникових) даних по лініях, трансформаторах, реакторах тощо пунктом меню **"Каталог"**.

### 1.7.1. Кабельні, повітряні лінії (файл sprav\_ln.cat)

Колонка	Опис
к/в	ознака: "К" - кабельна лінія, "В" - повітряна лінія
Un,кВ	номінальна напруга
Марка	марка проводу (А, АС, АСБ, ААШВ, М, СБ, і т.д.)
Перетин	перетин проводу (10, 16, 25, 35, 50, 70, 95 і т.д.) [мм <sup>2</sup> ]
Ro, Ом/км	питомий активний опір [Ом/км]
Xo, Ом/км	питомий реактивний опір [Ом/км]
Go, мкСм/км	питома активна провідність [мкСм/км]
Bo, мкСм/км	питома реактивна провідність [мкСм/км]
Ідоп, А	допустимий струм [А]

Для полегшення пошуку колонки сортується спочатку за номінальною напругою, потім за маркою і перетином. Колонка **"к/в"** в основному використовується для ранжування втрат за кабельними і повітряними лініями. Активні опори повітряних/кабельних ліній, як правило, наводяться для температури проводу/жили +20° С. Індуктивні опори повітряних ліній, як правило, наводяться для усереднених середньгеометричних відстаней між фазами (35 кВ – 3.5 м, 110 кВ – 5.0 м, 150 кВ – 6.5 м, 220 кВ – 8.0 м, 330 кВ – 11.0 м), індуктивні опори і провідності однофазних кабелів залежать від типу прокладки: трикутна або плоска (до марки додаються індекси "т" або "п"). Активна провідність повітряних ліній 110 кВ і вище враховує середньорічні втрати на корону, а 35 кВ і нижче – середньорічні втрати в ізоляції. Допустимий струм в колонці **"Ідоп"** для повітряних ліній вказується за температури повітря +25° С, а для кабельних ліній – за температури землі +15° С. Кабелі з ізоляцією із шитого поліетилену з алюмінієвою жилою мають позначення АПВ, АПВ1п, АПВ1т (трифазний, однофазний з плоскою прокладкою, однофазний з трикутною прокладкою), аналогічно, кабелі з мідною жилою мають позначення ПВ, ПВ1п, ПВ1т (марки іноземних виробників, як правило, не наводяться).

### 1.7.2. Двообмоткові трансформатори (файл sprav\_t2.cat)

Для полегшення пошуку колонки довідника двообмоткових трансформаторів сортується спочатку за потужністю (тобто шукаємо спочатку потрібну потужність), потім за номінальними напругами обмоток ВН і НН, а потім за текстовою назвою марки трансформатора.

Колонка	Опис
Марка	марка трансформатора (ТМ, ТМН, ТДН, ТДТН тощо)
Сном, кВА	номінальна потужність трансформатора [кВА]
Увн, кВ	напруга обмотки високої напруги [кВ]
Унн, кВ	напруга обмотки низької напруги [кВ]
Ркз, кВт	потужність короткого замикання [кВт]
Укз, %	напруга короткого замикання [%]
Рхх, кВт	потужність холостого ходу [кВт]
Іхх, %	струм холостого ходу [%]
Регулювання	параметри регулювання ПБЗ (РПН) трансформатора

Колонка "Регулювання" заповнюється шістьма символічними записами з роздільником "-", в першій позиції вказуються назви обмоток "ВН", "СН", "НН", в другій – тип регулювання: "ПБЗ" (переключення без збудження), "РПН" (регулювання під напругою) і "ТПР" (трансформаторне поперечне регулювання), в третій позиції вказуються символи "П" або "О" – пряме або зворотне регулювання ("П" – збільшення номеру відгалуження відповідає збільшенню витків регулювальної обмотки, "О" – навпаки), позиції 4-6 містять кількість відгалужень, номер відгалуження, що відповідає номінальним напругам трансформатора, і крок регулювання у відсотках. Наприклад, регулювання ПБЗ  $\pm 2 \times 2.5\%$  у обмотці ВН має запис "ВН-ПБЗ-П-5-3-2.5": в обмотці ВН встановлено регулятор ПБЗ з прямим регулюванням, всього відгалужень 5, номінальне – 3, крок регулювання – 2.5%.

### 1.7.3. Триобмоткові трансформатори (файл sprav\_t3.cat)

Для полегшення пошуку колонки довідника триобмоткових трансформаторів сортуються спочатку за потужністю (тобто шукаємо спочатку потрібну потужність), потім за номінальними напругами обмоток ВН, СН, НН, а потім за текстовою назвою марки трансформатора.

Колонка	Опис
Марка	марка трансформатора
Сном	номінальна потужність [кВА]
Увн, Усн, Унн	напруги обмоток високої, середньої та низької напруги [кВ]
Ркз в-с	потужність короткого замикання між обмотками ВН-СН [кВт]
Ркз в-н	потужність короткого замикання між обмотками ВН-НН [кВт]
Ркз с-н	потужність короткого замикання між обмотками СН-НН [кВт]
Укз в-с	напруга короткого замикання між обмотками ВН-СН [%]
Укз в-н	напруга короткого замикання між обмотками ВН-НН [%]
Укз с-н	напруга короткого замикання між обмотками СН-НН [%]
Рхх	потужність холостого ходу [кВт]
Іх	струм холостого ходу [%]
S% сн, S% нн	потужність обмоток СН і НН у відсотках від Сном [%]
Регулювання	параметри регулювання ПБЗ (РПН) трансформатора

Якщо довідникові дані містять тільки одне значення потужності короткого замикання, то воно встановлюється в колонку "Ркз в-с". Якщо у колонках "S% сн", "S% нн" задані нулі, то потужність цих обмоток приймається 100%. Колонка "Регулювання" заповнюється аналогічно двообмотковим трансформаторам, при необхідності встановити регулювання на двох обмотках (наприклад ВН і СН) вказуються два записи з роздільником ";", наприклад, якщо в обмотці ВН встановлено регулювання РПН  $\pm 9 \times 1.78\%$ , а в обмотці СН регулювання ПБЗ  $\pm 2 \times 2.5\%$ , то запис буде наступним: "ВН-РПН-П-19-10-1.78; СН-ПБЗ-П-5-3-2.5".

### 1.7.4. Розщеплені трансформатори (файл sprav\_tr.cat)

Для полегшення пошуку колонки довідника розщеплених трансформаторів сортуються спочатку за потужністю (тобто шукаємо спочатку потрібну потужність), потім за номінальними напругами обмоток ВН, НН1 і НН2, а потім за текстовою назвою марки трансформатора. Довідникові дані розщеплених трансформаторів передбачають задання одного параметру Рк.з. і Ук.з. аналогічно двообмотковим, тобто при замкнених обмотках низької напруги. За потреби ввести дані по окремим обмоткам ВН-НН1, ВН-НН2, НН1-НН2, необхідно використовувати

довідник триобмоткових трансформаторів, не забувши вказати потужність обмоток НН1, НН2 – 50%.

Колонка	Опис
Марка	марка трансформатора
Сном, кВА	номінальна потужність [кВА]
Уви, кВ	напруга обмотки високої напруги [кВ]
Ун1, кВ	напруга першої обмотки низької напруги [кВ]
Ун2, кВ	напруга другої обмотки низької напруги [кВ]
Ркз, кВт	потужність короткого замикання [кВт]
Укз, %	напруга короткого замикання [%]
Рхх, кВт	потужність холостого ходу [кВт]
Іх, %	струм холостого ходу [%]
Регулювання	параметри регулювання ПБЗ(РПН) трансформатора

### 1.7.5. Струмообмежувальні реактори (файл sprav\_rt.cat)

Колонка	Опис
Марка	марка реактора
Un, кВ	номінальна напруга реактора [кВ]
In, А	номінальний струм реактора [А]
Sn, кВА	номінальна потужність реактора [кВА]
dP, кВт	втрати активної потужності [кВт]
Xp, Ом	індуктивний опір реактора [Ом, %]

Для деяких марок реакторів індуктивний опір вказується у відсотках падіння напруги на реакторі від номінальної напруги, тоді в колонці "Xp, Ом" таке значення вказується із знаком мінус, наприклад, "-2" (падіння напруги становить 2% від номінальної).

### 1.7.6. Комутаційні апарати (файл sprav\_ka.cat)

Колонка	Опис
Марка	марка комутаційного апарату (ВМ, ВМП, ВН, РВ, РЛН тощо)
Назва комут. апарату	довільний текст (масляний вимикач, вимикач навантаження, роз'єднувач тощо)
Тип	"В" - вимикач, "Р" - роз'єднувач, "Н" - вимикач навантаження
U ном, кВ	номінальна напруга [кВ]
I ном, А	номінальний струм відключення [А]
I відкл, кА	максимальний струм відключення короткого замикання [кА]
T відкл, с	час відключення струму короткого замикання, [с]
S відкл, МВА	максимальна потужність відключення струму короткого замикання [МВА]
I уд., кА	струм електродинамічної стійкості [кА]
I терм.ст., кА	струм термічної стійкості [кА]
T терм.ст., с	період термічної стійкості [с]

Дані про комутаційні апарати планувалось використовувати в задачі розрахунку струмів трифазних к.з., але на цей час не реалізовано. Ці дані також можуть використовуватись для індивідуального графічного відображення різних типів комутаційних пристроїв (вимикачі, вимикачі навантаження, роз'єднувачі та ін.).

### 1.7.7. Номінальні напруги (файл sprav\_un.cat)

Колонка	Опис
U ном, кВ	номінальна напруга [кВ]
dU-, %	межа низької напруги [%]
dU+, %	межа високої напруги [%]

Довідник номінальних напруг використовується для автоматичного визначення номінальної напруги вузла за її розрахунковим значенням, а також для задання індивідуальних меж контролю відхилень напруги і видачі зауважень при їх порушенні в процесі розрахунків.

### 1.7.8. Статичні характеристики навантаження (файл sthar\_pq.cat)

Колонка	Опис
N с.г.	номер статичної характеристики
Назва	текстове найменування
A0, A1, A2	коефіцієнти полінома з активної потужності
B0, B1, B2	коефіцієнти полінома з реактивної потужності

Статичні характеристики навантаження використовуються в задачі розрахунку режиму, де навантаження вузлів змінюється відповідно до зміни розрахункових напруг.

### 1.7.9. Добові графіки навантаження

Каталог графіків навантажень викликається пунктом меню "Каталог" → "Добові графіки навантажень", а також клавішею "Insert" у колонках "Ng (...)" ряду таблиць.

Дані графіків навантажень зберігаються *індивідуально для кожної схеми* у файлах \*.GRC – список графіків і \*.GRV – значення графіків. При необхідності є можливість імпорту графіків з каталогу однієї схеми в каталог іншої схеми.

Номери графіків навантажень супроводжують задання навантажень у **вузлах схеми** або **виміри в лініях**. Навантаження у вузлах задаються потужностями (P<sub>нав</sub>, Q<sub>нав</sub>, P<sub>ген</sub>, Q<sub>ген</sub>) або вимірами електроенергії (WP<sub>спож</sub>, WQ<sub>спож</sub>, WP<sub>ген</sub>, WQ<sub>ген</sub>). Їм відповідають чотири номери графіків навантажень – відповідно Ng(P<sub>н</sub>), Ng(Q<sub>н</sub>), Ng(P<sub>г</sub>), Ng(Q<sub>г</sub>). Виміри в лініях задаються потужностями (P, Q або P, tg), струмами (I, tg) та вимірами електроенергії (WP, WQ або WP, tg). У загальному випадку задається переток від початку лінії до кінця: P→, Q→ і переток від кінця до початку: P←, Q← (умовно перетоки "вправо" і "вліво"). Їм відповідають чотири номери графіків навантажень: Ng(P→), Ng(Q→), Ng(P←), Ng(Q←). Усі чотири складові перетоку можуть використовуватися тільки при заданні вимірів електроенергії (у різні часові проміжки перетоки можуть змінювати напрямок), при заданні перетоку потужністю або струмом використовуються тільки дві складові (P→, Q→ або P←, Q←).

Передбачено три типи графіків навантажень:

- **Типовий (24 год)** – погодинні графіки за 24 години (добу). Ці графіки, як правило, характеризують типові навантаження (промисловість, побут, електротранспорт та ін.) та сезонні виміри навантажень (зима, літо) за конкретними вузлами або лініями. Дані цих графіків вводяться вручну;
- **Дані АСКОЕ** – графіки із заданим часовим інтервалом вимірювань, як правило, використовуються у системах АСКОЕ, ОІК, SCADA. Ці графіки імпортують із відповідних баз даних за певний часовий період (наприклад, місяць) за допомогою спеціальних програмних блоків;
- **Щодобовий** – графіки вимірів електроенергії на добу за певний часовий період (наприклад, місяць). Цей тип графіка можна використовувати автономно, або із застосуванням типового графіка, у цьому випадку крива типового графіка масштабується кожен добу в залежності від величини електроспоживання за конкретну добу.

Передбачені такі типи вимірювання:

**P** – графік активної потужності (розмірність – кВт, МВт, %);

**Q** – графік реактивної потужності (розмірність – кВАр, МВАр, %);

**U** – графік напруг (розмірність – кВ);

**I** – графік струму (розмірність – А, %);

**tg** – графік тангенсів;

Примітка:

1. Графіки вимірів P і Q в абсолютних одиницях (кВт, кВАр) використовуються при заданні навантажень/перетоків типом P, Q або P, tg. Відповідно задаються два номери графіка.

2. Графіки вимірів P і Q у відносних одиницях (%) також використовуються при заданні навантажень/перетоків типом P, Q або P, tg. При цьому задане значення активної потужності (P) вважається P<sub>max</sub>, а реактивної потужності – Q<sub>max</sub>. Якщо обрано тип навантаження P,tg, то Q<sub>max</sub> = P<sub>max</sub>·tg. Максимум відносного значення графіка не обов'язково дорівнює 100%, це може бути будь-який набір чисел.

3. При заданні навантажень/перетоків електроспоживанням WP, WQ або WP, tg графіки вимірів P і Q вважаються заданими у відносних одиницях, незалежно від їх розмірності, а P<sub>max</sub> і Q<sub>max</sub> обчислюються за виразом:

$$P_{\max} = \frac{WP}{K_d \cdot \sum P_i^* / P_{\max}^*}, Q_{\max} = \frac{WQ}{K_d \cdot \sum Q_i^* / Q_{\max}^*}, \text{ де}$$

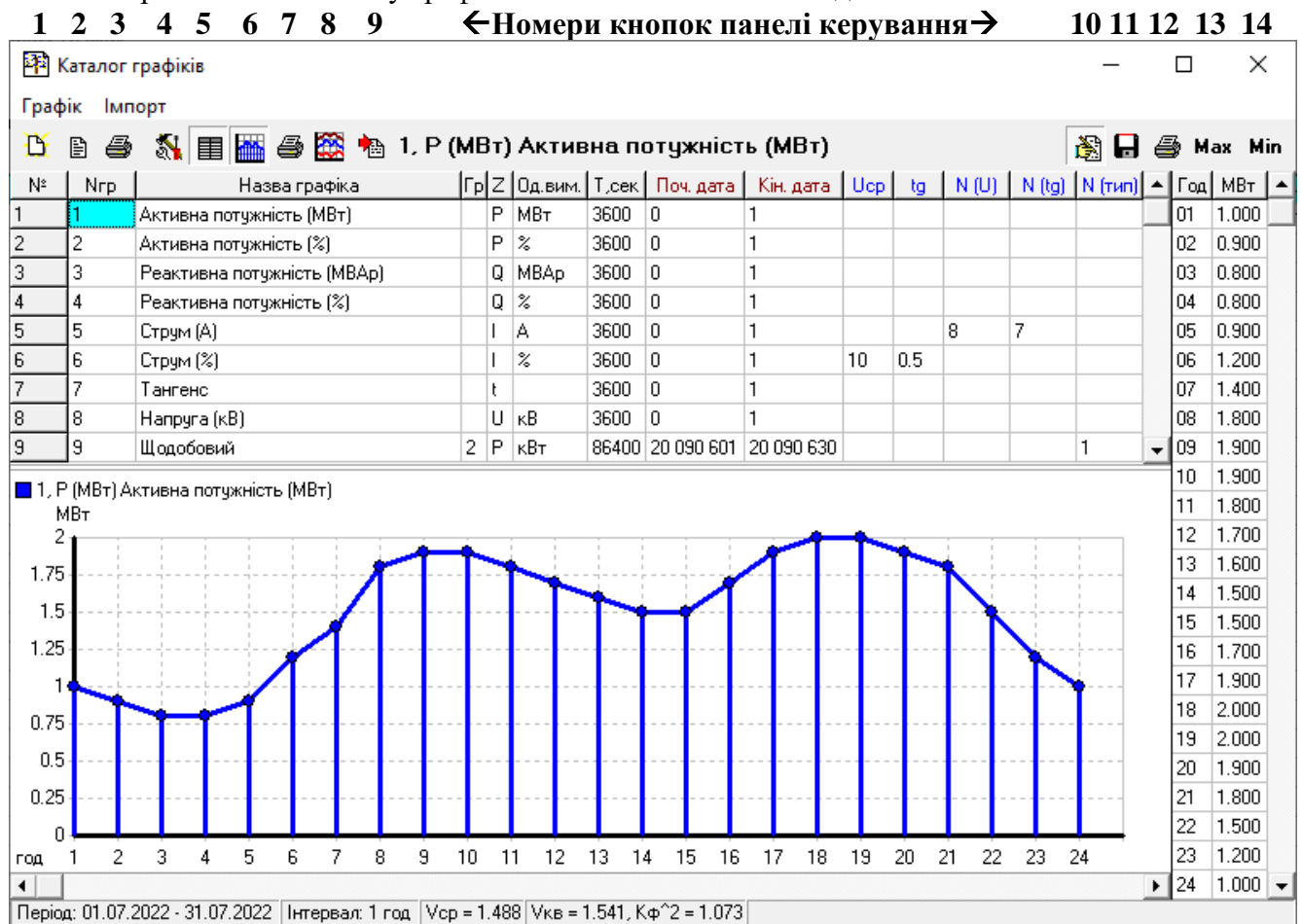
K<sub>d</sub> – кількість днів; P<sub>i</sub><sup>\*</sup>, Q<sub>i</sub><sup>\*</sup> – значення графіків (i = 1 ... 24); P<sub>max</sub><sup>\*</sup>, Q<sub>max</sub><sup>\*</sup> – максимуми графіків;

4. Замість графіка вимірювання Q може бути використаний графік тангенсів.

5. Для графіка струмів I необхідно задати напругу (графік напруг) U та тангенс (графік тангенсів) tg для переходу від струму до активної та реактивної потужностей. У цьому випадку для навантаження/перетоку вказується один номер графіка.

6. У чистому вигляді значення графіка струмів I використовуються тільки при заданні перетоку типом I, tg. Графік струмів у відносних одиницях також може бути використаний тільки з типом I, tg, при цьому задане значення струму приймається максимальним.

Формат вікна каталогу графіків навантажень має вигляд:




У загальному вигляді посередині вікна розміщено таблицю каталогу графіків, внизу – графічне відображення графіка(ів), праворуч – таблицю значень графіка.

Формат таблиці каталогу графіків:

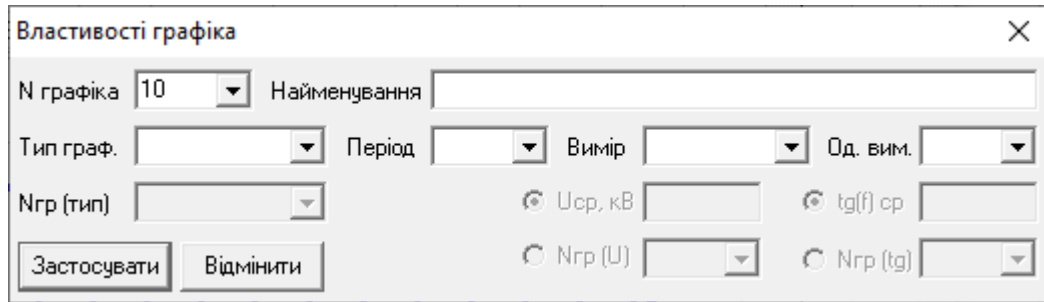
- Нгр** – номер графіка;
- Назва графіка** – текстова назва графіка;
- Гр** – тип графіка: 0 – типовий (24 год), 1 – дані АСКОЕ, 2 – щодобовий;
- Z** – тип виміру: P – актив, Q – реактив, U – напруга, I – струм, t – тангенс;
- Од. вим.** – одиниці виміру: %, кВт/кВАр, МВт/МВАр, А, кВ;
- Т, сек** – часовий інтервал графіка, сек;
- Поч. дата,** – дати початку та кінця заповнення графіка, встановлюється для типів графіків 1 (дані АСКОЕ) та 2 (щодобовий). Вказується цілим числом, наприклад, 20090601 – 2009 р., 06 місяць, 01 число;
- Кін. дата**
- Уср** – середнє значення напруги (використовується для графіка струмів);

- tg** – середній тангенс (використовується для графіка струмів);
- N(U)** – номер графіка напруги (використовується для графіка струмів);
- N (tg)** – номер графіка тангенсів (використовується для графіка струмів);
- N (тип)** – номер типового графіка (використовується для щодобових графіків).


**Створення нового графіка** виконується послідовністю операцій:


1. Вибрати меню "Графік" → "Додати" (кнопка (1)  "Додати графік" на панелі керування).


2. У вікні "Властивості графіка" послідовно заповнити поля, що відповідають колонкам таблиці каталогу графіків, натиснути кнопку "Застосувати":





- де
- N графіка** – номер графіка (за замовчуванням пропонується новий номер). Номери графіків не повинні повторюватися, існуючі номери можна переглянути у списку, що випадає;
  - Найменування** – текстове найменування графіка;
  - Тип граф.** – тип графіка: типовий (24 год), дані АСКОЕ, щодобовий;
  - Період** – інтервал вимірів графіка, обирається з дискретного списку значень: 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30 сек, 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30 хв, 1 год, доба. За замовчуванням для типового графіка вибирається 1 год, для щодобового графіка – доба;
  - Замір** – тип виміру: P – актив, Q – реактив, U – напруга, I – струм, t – тангенс;
  - Од. вим.** – одиниці виміру: %, кВт/кВАр, МВт/МВАр, А, кВ;
  - Уср, кВ** – середнє значення напруги (використовується для графіка струмів);
  - tg(f) ср** – середній тангенс (використовується для графіка струмів);
  - Nгр (U)** – номер графіка напруги (використовується для графіка струмів);
  - Nгр (tg)** – номер графіка тангенсів (використовується для графіка струмів);
  - Nгр (тип)** – номер типового графіка (використовується для щодобових графіків).

3. Натиснути кнопку (5)  "Показати таблицю" – праворуч відображається порожня таблиця.

4. У каталозі графіків встановити маркер на рядок з потрібним графіком та натиснути кнопку (9)  "Завантажити графік" – таблиця значень заповнюється значеннями вибраного графіка (для нового графіка – порожніми значеннями).


5. Натиснути кнопку (10)  "Редакція значень таблиці" – таблиця стане доступною для редакції.

6. Встановити маркер у колонку значень таблиці (друга колонка), натиснути клавішу F4, скоригувати значення.

7. Натиснути кнопку (11)  "Зберегти дані таблиці", віджати кнопку (10)  "Редакція значень таблиці".

**Редакція значень** існуючого графіка виконується починаючи з п.3. Короткий алгоритм створення графіка за номерами кнопок на панелі керування виглядає так:

**1 → Властивості графіка → 5 → 9 → 10 → F4 (редакція таблиці) → 11 → 10.**

**Редакція властивостей графіка** виконується встановленням маркера в потрібний рядок каталогу графіків, та натисканням кнопки (2)  "Властивості графіка". При цьому блокується зміна полів "Тип граф." та "Період".



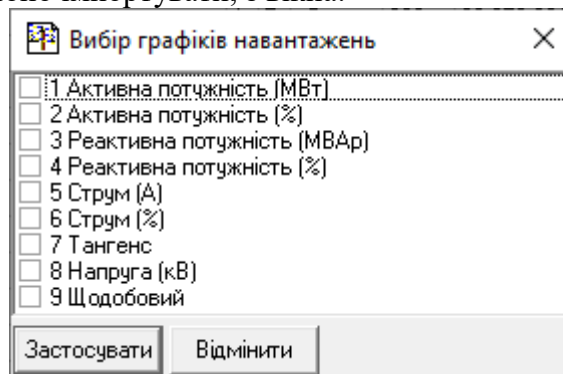




На панелі інструментів передбачено три кнопки друку:

- кнопка (3) друк каталогу графіків – друк таблиці каталогу графіків;
- кнопка (7) друк графіка – друк видимої частини графічного відображення графіка;
- кнопка (12) друк таблиці – друк таблиці значень графіка.

**Імпорт графіків** із каталогів інших схем виконується вибором меню "Імпорт" → "Імпорт із файлів \*.GRC, \*.GRV", вибором файлу \*.GRC у стандартному діалоговому вікні, та вибором графіків, які потрібно імпортувати, з вікна:

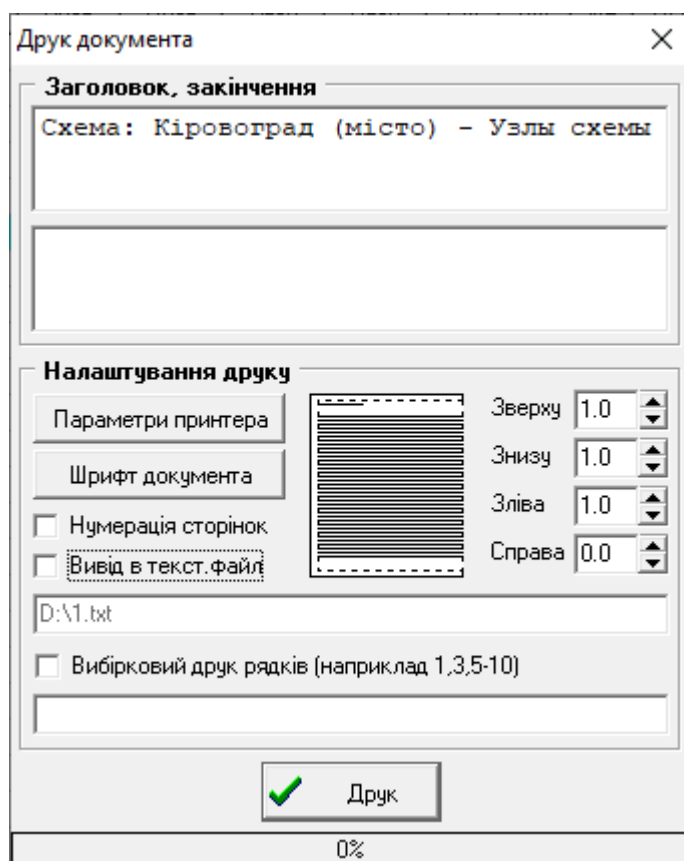


При збігу номера графіка в каталозі та номера графіка, що імпортується, буде запропоновано перезапис даних імпортованого графіка.

**Видалення графіка** з каталогу виконується встановленням маркера на потрібний рядок у каталозі графіків та вибором меню "Графік" → "Видалити" або клавішами "Shift"+"Del".

### 1.8. Друк таблиці

Вікно налаштувань друку таблиць має наступний вигляд:



У текстових полях "Заголовок, закінчення" можна ввести текст, який буде виведений на друк відповідно над та під таблицею (наприклад, заголовок таблиці та підписи).

Кнопка "Параметри принтера" дозволяє обрати формат аркуша (книжний або альбомний), поточний принтер та його параметри. Відступи аркуша задаються в полях "Зверху", "Знизу", "Справа", "Зліва". Орієнтовне заповнення документа, що друкується, на форматі А4 показано в квадраті з контуром.

Шрифт таблиці, що друкується, вибирається кнопкою "Шрифт документа". При друкуванні таблиць, що містять символи кирилиці, у вікні налаштувань шрифту необхідно задати "Набір символів" - кирилиця.

У разі включення опції "Номери сторінок" усі сторінки, виведені на друк, будуть пронумеровані. Номери сторінок будуть розташовані по центру вгорі аркуша.

При включення опції "Вивід в текст. файл" документ, що друкується, виводиться у файл текстового формату з ім'ям і місцем на диску, що задається у полі нижче. Розділювач колонок у текстовому файлі – символ табуляції.

Якщо потрібно виведення на друк не всієї таблиці, а певного набору рядків, їх перелік вказується в полі "Вибірковий друк рядків" з використанням тире і ком.

## 2. Підготовка інформаційної бази мереж 10(6)/0.38 кВ

### 2.1. Інформаційна база мереж 10(6)/0.38 кВ

**2.1.1.** Ідентифікація мережі 10(6) кВ повинна містити диспетчерські назви вузлів електричної мережі (підстанцій, РП, ТП тощо), номери секцій, номери трансформаторів, номери ліній 10(6) або 0.38 кВ, а також рівні напруги (для секцій живлячих підстанцій), наприклад:

<b>Північна.1.10</b>	– перша секція 10 кВ ПС "Північна";
<b>Північна.Л-3</b> або <b>Л3 Хлібзавод</b>	– унікальна назва фідера 10 кВ ПС "Північна";
<b>РП-12.1, РП-12.2</b>	– перша і друга секції РП-12;
<b>ТП-24 (КТП-, ЗТП-, МТП-)</b>	– односекційне ТП-24;
<b>ТП-48.1 (2, 3, 4 ...)</b>	– секції шин 10(6) кВ ТП-48;
<b>ТП-48.Т1 (Т2, Т3, Т4 ...)</b>	– секції шин або вводи тр-рів 0.38 кВ ТП-48;
<b>ТП-48.Л1 (Л2, Л3, Л4 ...)</b>	– фідери 0.38 кВ ТП-48;
<b>ТП-48.Л1.1 (2, 3, 4 ...)</b>	– опори 0.38 кВ фідера Л1 ТП-48;

Компоненти ідентифікатора вузла розділяються символом "." (крапка), тому для коректної роботи автоматичної графіки комплексу РАОТВ не рекомендується застосовувати цей символ у назвах вузлів (наприклад, перша секція 10 кВ ПС "Б.Березянка" кодується як "Б\_Березянка.1.10"). Рівні напруги (10 або 6 кВ), як правило, беруть участь у ідентифікації тільки секцій живлячих підстанцій 110(150)/35 кВ. Назви фідерів 10(6) кВ можуть включати назву підстанції або унікальну текстову назву. Секції шин 10(6) нумеруються 1, 2, 3, секції шин 0.38 кВ мають позначення відповідних трансформаторів: Т1, Т2, Т3, фідери 0.38 кВ позначаються відповідно до їх диспетчерських назв, наприклад, Л1, Л2, Л3. Вузли поопорних схем ліній 0.38 кВ додатково мають позначення номеру опори. Можливі нестандартні текстові найменування.

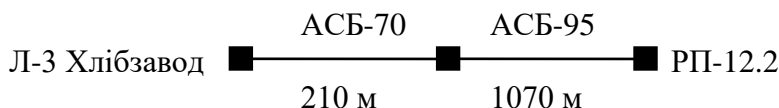
**2.1.2.** Кожна лінія мережі 10(6) кВ визначається двома ідентифікаторами вузлів, які вона з'єднує (початок – кінець). Ознакою "П" позначаються живлячі підстанції на початку лінії, де також вказується номінальна напруга, наприклад:

п	Ун	Початок	Кінець
П	10	Північна.1.10	Л-3 Хлібзавод
		Л-3 Хлібзавод	РП-12.2
		РП-12.2	ТП-48.1
		ТП-48.1	ТП-48.2
		ТП-48.1	ТП-24

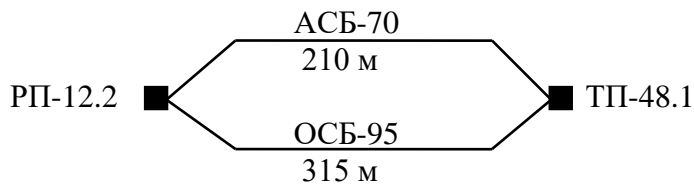
**2.1.3.** Конструктивне виконання лінії визначається стандартними марками кабельних і повітряних ліній (КЛ і ПЛ), довжинами (в метрах) та певним синтаксисом визначення послідовності або паралельності фрагментів з яких складається КЛ і ПЛ. Можна запропонувати такі синтаксичні правила опису параметрів лінії:

- + – послідовне з'єднання фрагментів;
- / – паралельне з'єднання двох фрагментів;
- \* – символ множення питомих характеристик марок КЛ/ПЛ на довжину ділянки (м);
- () – круглі дужки, що поєднують сукупність фрагментів.

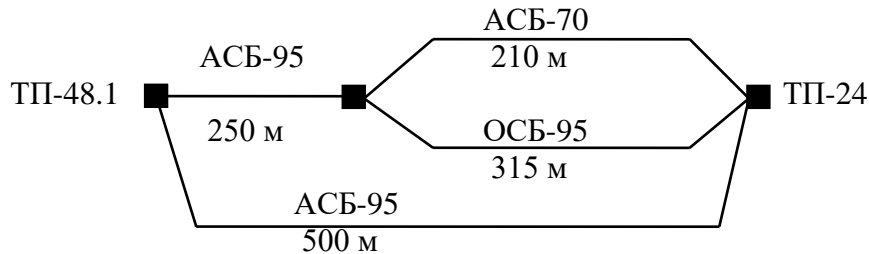
За наявності декількох паралельних ниток перед маркою записується коефіцієнт кратності (2АСБ-185, 3ОСБ-95 тощо), наприклад, наступний фрагмент схеми буде мати такий запис:



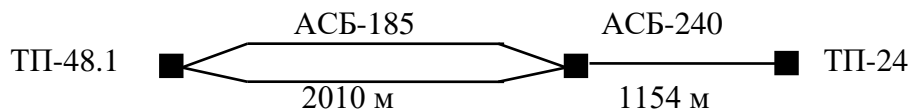
Початок	Кінець	Параметри
Л-3 Хлібзавод	РП-12.2	210*АСБ-70+1070*АСБ-95



Початок	Кінець	Параметри
РП-12.2	ТП-48.1	210*АСБ-70/315*ОСБ-95

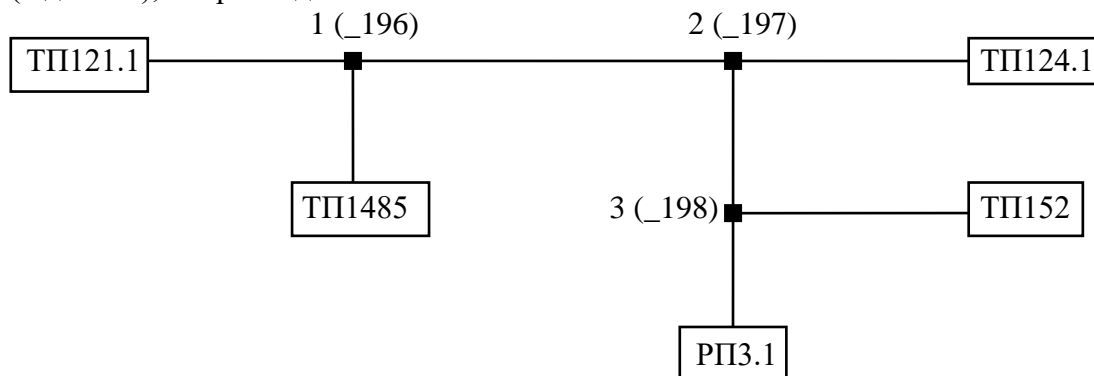


Початок	Кінець	Параметри
ТП-48.1	ТП-24	500*АСБ-95/(250*АСБ-95+210*АСБ-70/315*ОСБ-95)



Початок	Кінець	Параметри
ТП-48.1	ТП-24	2010*2АСБ-185+1154*АСБ-240

**2.1.4.** При описі конфігурації фрагменту мережі, що складається з декількох ліній (ситуація характерна для ПЛ з відпайками), необхідно вводити нумерацію проміжних точок (відпайок), наприклад:



Опис цього фрагменту може бути наступним:

п	Початок	Кінець	або	п	Початок	Кінець
	ТП121.1	1			ТП121.1	_196
+	1	ТП1485			_196	ТП1485
+	1	2			_196	_197
+	2	ТП124.1			_197	ТП124.1
+	2	3			_197	_198
+	3	ТП152			_198	ТП152
+	3	РП3.1			_198	РП3.1

У першому випадку фрагмент з відпайками повинен супроводжуватись символами "+" у колонці "п" без перерв до кінця фрагменту. За рахунок цього нумерацію наступного фрагменту з відпайками можна починати заново: 1, 2, 3. Оскільки нумерація не є унікальною, програма автоматично додає до номерів відпайок номер фрагменту, тому кінцеві назви відпайок у розрахунковій схемі будуть мати вигляд: "отп1\_1", "отп1\_2", "отп1\_3", де "отп1" – номер фрагменту, що додається автоматично. Другий варіант передбачає унікальну нумерацію

відпайок з добавкою префіксу "\_", наприклад, \_196, \_197, \_198. При цьому, якщо в першому варіанті можна знайти наступний номер візуально в рамках фрагменту, то у другому варіанті це практично неможливо, тому передбачено автоматичний пошук і введення нового номеру відпайки при натисненні клавіши "+" в колонках "Початок" або "Кінець". Другий варіант вважається більш доцільним, оскільки назви відпайок не змінюються в залежності від фрагменту мережі з відпайками і мають унікальні назви, що має значення при пошуку конкретної лінії.

**2.1.5.** У низці випадків виникає необхідність опису паралельних ліній (кожна лінія має на початку та в кінці свій комутаційний апарат). Такі лінії повинні нумеруватися 1, 2, 3 в колонці "Нл" (номер паралельної лінії), наприклад:

Початок	Кінець	Нл
РП125.1	ТП365	1
РП125.1	ТП365	2

**2.1.6.** Компонентом конфігурації є шиноз'єднувальні вимикачі або роз'єднувачі між секціями 10(6) кВ ТП, РП. Вони кодуються як звичайні лінії, але з пустою колонкою параметрів, наприклад:

Початок	Кінець	Параметри
РП-12.1	РП-12.2	

**2.1.7.** Трансформатори зв'язку 10/6 кВ задаються з ознакою "Т" в колонці "п" та зазначенням номінальних напруг обмоток в колонці "Ун". Обов'язково початок має відповідати обмотці вищої напруги, кінець – обмотці нижчої напруги. В колонці "Параметри" вказується марка трансформатора, що записується вручну або обирається із довідника клавішою "F9" (більш детально – п.1.6.1):

п	Ун	Початок	Кінець	Параметри
Т	10/6	РП98_10	РП98_6	ТМ-2500/10/6.3

**2.1.8.** Для фіксації розімкненої конфігурації мережі необхідно визначення місць нормальних розривів. Відключення фіксуватимемо службовими символами:

"Н" – розрив на початку лінії (перший ідентифікатор);

"К" – розрив в кінці лінії (другий ідентифікатор);

"О" – лінія відключена з двох сторін.

**2.1.9.** Лінії електричної мережі 10(6) кВ необхідно записати до таблиці наступної структури:

п	Ун	Початок	Кінець	к	Параметри	Нл	Дис.номер	Ідоп	А	Приналеж.	№р	Ком.ап.поч.	Ком.ап.кін.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Колонки 1–8 містять основну інформацію щодо ліній, колонки 9–13 – додаткову інформацію. Колонка 1 може містити символи "П" (живляча підстанція), "+" (фрагмент мережі з відпайками), "Т" (трансформатор зв'язку). В колонці 2 вказується номінальна напруга на початку лінії та відношення номінальних напруг трансформаторів зв'язку. В колонках 3, 4 вказуються стандартні ідентифікатори ТП, РП або номери проміжних точок. Колонка 5 може містити символи "Н", "К", "О" за наявності розриву лінії. Параметри ліній (або трансформаторів зв'язку) записуються в колонці 6. В колонці 7 може вказуватися номер паралельної лінії, в колонці 8 – диспетчерське позначення лінії. Допустимий струм лінії розраховується автоматично за довідниковими даними КЛ, ПЛ, але в колонці 9 також можна задати його вручну за умови нестандартної прокладки кабелю або лінії. В колонці 10 вказується балансна приналежність ліній, якщо вони не належать до основних мереж: "А" – абонентські лінії, "Б" – безгоспні, "С" – сусідніх електромереж. У колонці 11 можна ввести текстове розшифрування приналежності лінії. В колонці 12 можна задавати умовний номер району, який об'єднує групу ліній. Такі номери районів можуть бути використані для видачі результатів розрахунків за групами ліній (наприклад, втрати потужності або електроенергії). Колонки 13,

14 містять формальні позначення комутаційних апаратів на початку та в кінці лінії: "-" – відсутній, "В" – вимикач, "Р" – роз'єднувач, "Н" – вимикач навантаження, "R" – реклоузер, "D" – реклоузер двосторонній, "П" – запобіжник. У комплексі РАОТВ по клавіші "Insert" у цих колонках можна вибрати марку комутаційного апарату з довідника, наприклад, ВМ10-10-630, РВ10-10-400, ВН16-6-400. Ці позначення містять марку, номінальну напругу, номінальний струм комутаційного апарату, розділені символом "-".

**2.1.10.** Трансформатори 10(6)/0.38 кВ позначаються ідентифікатором ТП, РП, номером трансформатора та його параметрами (марка, потужність, напруга ВН, НН), наприклад:

ТП, РП	№ тр	Трансформатор
ТП-48.1	T1	ТМ-630/10/0.4
ТП-48.2	T2	ТМ-400/10/0.4
ТП-24	T1	ТМ-250/10/0.4

Параметри трансформатора можуть обиратись із довідника клавішою "Insert". Якщо схема збирається включно з трансформаторами 10(6)/0.38 кВ, то ідентифікатори сторони НН формуються автоматично на підставі ідентифікатора ТП, РП (без секції) і номеру трансформатора, наприклад, ТП-48.Т1, ТП-48.Т2, ТП-24.Т1.

**2.1.11.** Комутація трансформатора фіксується в колонці "к тр" ознаками, аналогічними до комутації ліній:

"Н" – розрив із боку ВН (умовно на початку трансформатора);

"К" – розрив із боку НН (умовно в кінці трансформатора);

"О" – трансформатор вимкнений з двох сторін.

Для задання шиноз'єднувального зв'язку між секціями низької сторони трансформаторів необхідно додатково вказати в колонці "ШЗВ" номер трансформатора з яким з'єднаний трансформатор в колонці "№ тр", при цьому комутація такого шиноз'єднувального зв'язку вказується в колонці "к шзв", наприклад:

ТП, РП	№ тр	к тр	ШЗВ	к шзв
ТП845.1	T1			
ТП845.2	T2		T1	О
ТП846.1	T1	О		
ТП846.2	T2		T1	

У наведеному прикладі обидва трансформатори ТП845 включено, а зв'язок по 0.38 кВ між Т2 і Т1 виключено, трансформатор Т1 ТП846 вимкнено з обох сторін, але при цьому перша секція 0.38 кВ (ТП846.Т1) заживлена через шиноз'єднувальний зв'язок з Т2.

**2.1.12.** Найбільш розповсюдженим методом задання навантажень ТП, РП є використання номінальних потужностей їх трансформаторів 10(6)/0.38 кВ. При цьому використовуються загальний коефіцієнт завантаження у відсотках і тангенс (відношення Q/P), наприклад, для схем, що формуються для задачі "КВАРЕМ", використовуються коефіцієнт завантаження **20%** і тангенс **0.5**. В низці РЕМ є підключення ГЕС, СЕС, ВЕС та інших об'єктів розподіленої генерації. При цьому такі об'єкти можуть мати потужні трансформатори (1000 кВА і більше). Але оскільки ці об'єкти не споживають а генерують електроенергію, то їх трансформатори повинні бути позначені "ТГ1", "ТГ2" замість "Т1", "Т2" – при цьому програма в автоматичному режимі не ставить їм навантаження за загальним коефіцієнтом завантаження.

**2.1.13.** Індивідуальні навантаження ТП, РП можуть бути задані на ввіді низької (ознака 0) та високої (ознака 1) напруги трансформатора:

ТП, РП	№ тр	U	T	Рнав	Qнав	Рген	Qген
ТП845.1	T1	0					
ТП845.2	T2	1					

– вимір на стороні НН (ТП845.Т1);

– вимір на стороні ВН (ТП845.2).

У колонці "Т" вказується тип виміру (0-5). При Т = 0 у колонці "Рнав" вказується коефіцієнт завантаження трансформатора. Якщо коефіцієнт завантаження дорівнює 0 (колонка не заповнена), то він приймається рівним коефіцієнту, заданому для всієї схеми. В колонці "Qнав" вказується тангенс навантаження ( $tg = Q_{нав}/P_{нав}$ ). При  $tg = 0$  його значення також приймається рівним загальному тангенсу для всієї схеми. При Т = 1..5 виміри можна задати у вигляді потужності, струму або електроенергії. Завантаження трансформаторів за типами 4 і 5 може бути реалізоване при організації імпорту показань лічильників з баз даних електроспоживання промислових та побутових споживачів.

Нижче наведено таблицю розмірностей навантаження та генерації в залежності від типу:

Т	Рнав	Qнав	Рген	Qген
0	Коеф. завантаження тр-ра [%]	tg		
1	кВт	кВАр	кВт	кВАр
2	кВт	tg	кВт	tg
3	А	tg	А	tg
4	кВт·год	кВАр·год	кВт·год	кВАр·год
5	кВт·год	tg	кВт·год	tg

**2.1.14.** Трансформатори 10(6)/0.38 кВ необхідно записати у таблицю наступної структури:

ТП,РП	N тр	к тр	ШЗВ	к шзв	Трансформатор	Nвідг	U	Т	Рнав	Qнав	Рген	Qген
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ng (Pн)	Ng (Pн)	Ng (Pг)	Ng (Pг)	+/-	Кв	А	Приналеж.	Адреса	№р	Ком.ап.(ВН)	Ком.ап.(НН)	
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	

Колонки 1–6 містять основну інформацію щодо трансформаторів, колонки 7–25 – додаткову інформацію. Колонки 1, 2 містять ідентифікатор ТП, РП і номер тр-ра. Ознаки комутації "Н", "К", "О" вказуються в колонці 3. Зв'язок по стороні 0.38 кВ та його комутаційний стан можна задати відповідно в колонках 4 і 5. Колонка 6 містить марку тр-ра. В колонці 7 задається поточний номер відгалуження РПН або ПБЗ – 1, 2, 3 і т. д. Якщо Nвідг = 0 (колонка не заповнена), то коефіцієнт трансформації розраховується по відношенню номінальних напруг тр-ра (наприклад,  $K_{тр} = 10/0.4 = 25$ ), при  $N_{відг} \neq 0$  коефіцієнт трансформації розраховується за умовами регулювання, заданими у довідникових даних трансформатора. У колонці 8 вказується прив'язка виміру навантаження до низької або високої сторони тр-ра (ознаки 0, 1). Колонка 9 задає тип навантаження – ознаки 0-5. У колонки 10–13 вносяться виміри навантаження та/або генерації. Номери добових графіків навантаження та генерації вказуються у колонках 14–17. Колонка 18 може містити символи "+" або "-" для позначення прийому або видачі електроенергії. В колонці 19 можна вказати ваговий коефіцієнт достовірності навантаження. В колонці 20 задається балансна приналежність аналогічно до таблиці ліній. Колонка 21 служить для текстового розшифрування балансної приналежності. В колонці 22 можна ввести текстовий запис адреси ТП, РП. У колонці 23 може вказуватись номер району, що об'єднує групу ТП, РП. Такі номери районів можуть бути використані для видачі результатів розрахунків за групами тр-рів (наприклад, втрати потужності або електроенергії). Колонки 24, 25 містять формальні позначення комутаційних апаратів: "-" – відсутній, "В" – вимикач, "Р" – роз'єднувач, "Н" – вимикач навантаження, "П" – запобіжник. В комплексі РАОТВ по клавіші "Insert" у цих колонках можна вибрати марку комутаційного апарату з довідника, наприклад, ВМ10-10-630, РВ10-10-400, ВН16-6-400. Ці позначення містять марку, номінальну напругу, номінальний струм комутаційного апарату, розділені символом "-".

**2.1.15.** Ідентифікація вводів живлячих підстанцій збігається з ідентифікацією секцій шин, наприклад: Північна.1.10, Західна.2.6 і т.д. На секціях шин необхідно вказати виміряну або середню за розрахунковий період напругу (залежно від розрахункового завдання), наприклад:

Ввод ПС	Ус.ш.
Північна.1.10	10.4
Західна.2.6	6.1

**2.1.16.** Виміри перетоків по вводу вказуються в залежності від типу виміру (колонка "Т"):

Ввод ПС	Т	P(→)	Q(→)	P(←)	Q(←)	Ng P(→)	Ng Q(→)	Ng P(←)	Ng Q(←)
	1	кВт	кВАр	--\ --	--\ --				
	2	кВт	tg	--\ --	--\ --				
	3	А	Tg	--\ --	--\ --				
	4	кВт·год	кВАр·год	--\ --	--\ --				
	5	кВт·год	Tg	--\ --	--\ --				

Вказівник напрямку "→", "←" в заголовках колонок визначає напрямок перетоку P, Q (прийм, видача). Для кожного виміру можна задати номер графіку навантаження у колонках "Ng (...)".

**2.1.17.** Необхідність балансування навантажень ТП, РП, приєднаних до вводу, задається символом "Б". Відключений ввод фіксується символом "О", зв'язок через ШЗВ вказується ідентифікатором включеного вводу, наприклад:

Ввод ПС	Б	ШЗВ
Північна.1.10	Б	
Північна.2.10	О	Північна.1.10

**2.1.18.** Виміри по вводах живлячих підстанцій записуються в таблицю наступної структури:

Підстанція	Ус.ш.	Б	ШЗВ	Т	P(→)	Q(→)	P(←)	Q(←)	Ng P(→)	Ng Q(→)	Ng P(←)	Ng Q(←)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Колонки 1–9 містять основну інформацію щодо вводів, колонки 10–13 – номери графіків навантажень для відповідних вимірів.

**2.1.19.** Виміри перетоків по лінії задаються ідентифікаторами початку і кінця цієї лінії. Вимір перетоку можна вказати для будь-якої лінії в схемі, але найчастіше задаються виміри по лініях, що відходять від живлячих підстанцій та великих РП, наприклад:

Початок	Кінець	Позначення
Північна.1.10	Л-1	Л-1 Комбінат
Північна.1.10	Л-3	Л-3 Хлібзавод
Північна.2.10	Л-2	Л-2 Житлоселище
РП125.1	ТП3452.1	Л-ТП3452-1
РП125.2	ТП3452.2	Л-ТП3452-2

**2.1.20.** Виміри по лініях записуються в таблицю наступної структури:

Початок	Кінець	Позначення	к/п	Б	Т	P(→)	Q(→)	P(←)	Q(←)	Ng P(→)	Ng Q(→)	Ng P(←)	Ng Q(←)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Колоні 1–10 містять основну інформацію щодо фідерів, колонки 11–14 – номери графіків навантажень для відповідних вимірів. У колонці 4 вказується місце встановлення виміру: "0" – в кінці лінії, "1" – на початку. Колонка 5 містить ознаку "Б" для фідерів, за якими необхідно виконувати балансування навантажень. Виміри перетоків по фідеру задаються аналогічно до вводів (п.2.1.16).

## 2.2. Еквівалентна модель лінії 0.38 кВ

В комплексі РАОТВ передбачено спрощений варіант розрахунку втрат в лініях 0.38 кВ, коли лінія представлена однією віткою з еквівалентним опором і сумарним навантаженням в кінці гілки. Такий варіант є типовим для кабельних ліній із зосередженим навантаженням в кінці, а також в деяких випадках може використовуватись для ліній із розосередженим навантаженням вздовж лінії. Еквівалентний опір лінії 0.38 кВ розраховується на базі сумарного опору з врахуванням трьох коефіцієнтів:

$$R_{\text{екв}} = R_{\text{сум}} \cdot K_{\text{нав}} \cdot K_{\text{нес}} \cdot K_{\text{ф}}^2, \text{ де}$$



**Кнав** – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження вздовж лінії а також розгалуженість лінії. Для нерозгалужених кабельних ліній із навантаженням в кінці лінії  $K_{нав} = 1$ , для повітряних магістральних ліній  $K_{нав} \approx 0.37 \pm 0.04$ , але для розгалужених ліній може бути значно меншим;

**Кнес** – коефіцієнт несиметрії,  $K_{нес} \approx 1.05 \pm 0.05$  для кабельних ліній і  $1.35 \pm 0.2$  для повітряних ліній із розосередженим навантаженням;

**Кф<sup>2</sup>** – квадрат коефіцієнта форми графіка навантажень, що для основної маси споживачів знаходиться на рівні 1.1 ... 1.2.

Для магістральних ліній з визначеною кількістю точок приєднання споживачів можна запропонувати підхід до розрахунку  $K_{нав}$  як функції від кількості таких точок. На рис.2.1 показано лінію, розділену на однакові проміжки з опором  $R$  і з однаковими навантаженнями  $P, Q$ . При цьому таку лінію необхідно привести до еквівалентної із сумарним навантаженням в кінці лінії та еквівалентним опором.

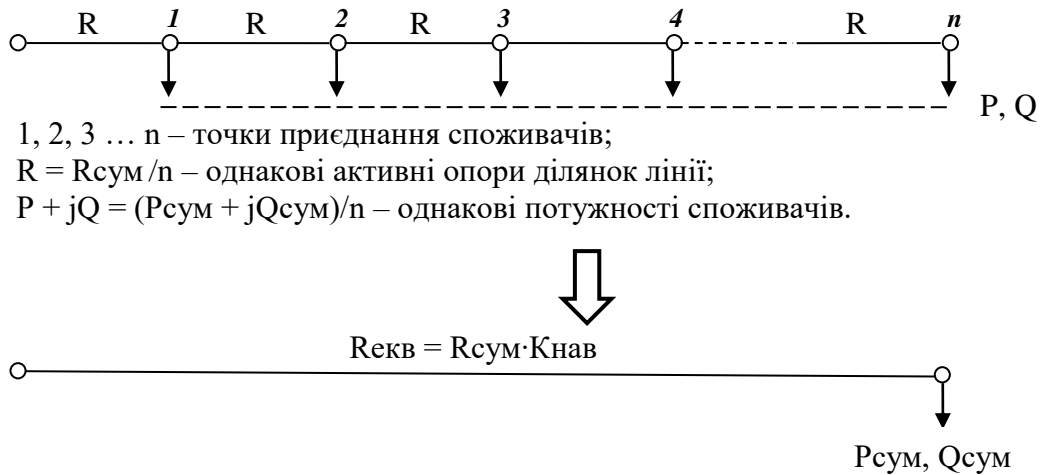


Рис. 2.1. Представлення лінії із розосередженим навантаженням у вигляді лінії з еквівалентним опором і сумарним навантаженням в кінці

Виразивши втрати на кожній окремій ділянці через  $R_{сум}$ ,  $P_{сум}$  і  $Q_{сум}$  отримаємо вирази втрат для окремих ділянок:

$$\Delta P_1 = n^2 \cdot \frac{(P_{сум}^2 + Q_{сум}^2) \cdot R_{сум}}{U_H^2 \cdot n^3} \quad (2.1)$$

$$\Delta P_2 = (n-1)^2 \cdot \frac{(P_{сум}^2 + Q_{сум}^2) \cdot R_{сум}}{U_H^2 \cdot n^3}$$

$$\Delta P_3 = (n-2)^2 \cdot \frac{(P_{сум}^2 + Q_{сум}^2) \cdot R_{сум}}{U_H^2 \cdot n^3}$$

$$\Delta P_n = (n-(n-1))^2 \cdot \frac{(P_{сум}^2 + Q_{сум}^2) \cdot R_{сум}}{U_H^2 \cdot n^3}$$

де  $n$  – кількість точок приєднання споживачів;  $U_H$  – номінальна напруга лінії. Знайдемо суму виразу (2.1) і виконаємо перетворення:

$$\begin{array}{l} n^2 \quad \rightarrow \quad n^2 \\ (n-1)^2 \quad \rightarrow \quad n^2 - 2n \cdot 1 \quad + 1 \\ (n-2)^2 \quad \rightarrow \quad n^2 - 2n \cdot 2 \quad + 2^2 \\ (n-3)^2 \quad \rightarrow \quad n^2 - 2n \cdot 3 \quad + 3^2 \\ \dots \\ (n-(n-1))^2 \quad \rightarrow \quad n^2 - 2n \cdot (n-1) \quad + (n-1)^2 \\ \hline \sum \quad \rightarrow \quad n^3 - 2n \sum_{i=1}^n (i-1) + \sum_{i=1}^n (i-1)^2 \end{array} \quad (2.2)$$

Розділимо (2.2) на загальний для всіх виразів (2.1) знаменник  $n^3$  і введемо позначення  $F(n)$ :

$$F(n) = 1 - \frac{2}{n^2} \sum_{i=1}^n (i-1) + \frac{1}{n^3} \sum_{i=1}^n (i-1)^2, \quad (2.3)$$

з врахуванням того, що  $\sum_{i=1}^n (i-1) = \frac{n^2}{2} - \frac{n}{2}$ ,  $\sum_{i=1}^n (i-1)^2 = \frac{n^3}{3} - \frac{n^2}{2} + \frac{n}{6}$  вираз (2.3) прийме вигляд:

$$F(n) = 1 - 1 + \frac{1}{n} + \frac{1}{3} - \frac{1}{2n} + \frac{1}{6n^2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2n} + \frac{1}{6n^2}.$$

Прирівнявши сумарні і еквівалентні втрати, отримаємо вираз для Кнав:

$$\Delta P_{\text{ЕКВ}} = \Delta P_{\text{СУМ}} \Rightarrow \frac{(P_{\text{СУМ}}^2 + Q_{\text{СУМ}}^2) \cdot R_{\text{СУМ}}}{U_{\text{Н}}^2} \cdot K_{\text{НАВ}} = \frac{(P_{\text{СУМ}}^2 + Q_{\text{СУМ}}^2) \cdot R_{\text{СУМ}}}{U_{\text{Н}}^2} \cdot F(n)$$

$$K_{\text{НАВ}} = F(n) = \frac{1}{3} + \frac{1}{2n} + \frac{1}{6n^2} \quad (2.4)$$

При  $n = \infty$  отримаємо  $K_{\text{НАВ}} = 1/3$ , що відповідає багатьом літературним джерелам.

Виконаємо порівняльні розрахунки втрат потужності для магістральних ліній 0.38 кВ з кількістю точок приєднання споживачів  $n = 2..9$  і їх еквівалентних схем, для яких Кнав розраховується за (2.4). Сумарне навантаження у всіх випадках залишається незмінним:  $27 + j9$  кВА, яке ділиться на  $n$  ділянок. Сумарна довжина складає 900 м проводу АС-35. Результати показані на рис. 2.2, в табличних даних наведено поточні кількість точок  $n$ , коефіцієнт Кнав, сумарні та еквівалентні втрати ( $\Delta P_{\text{СУМ}}$ ,  $\Delta P_{\text{РЕКВ}}$ ) і похибку розрахунків в процентах від  $\Delta P_{\text{СУМ}}$ .

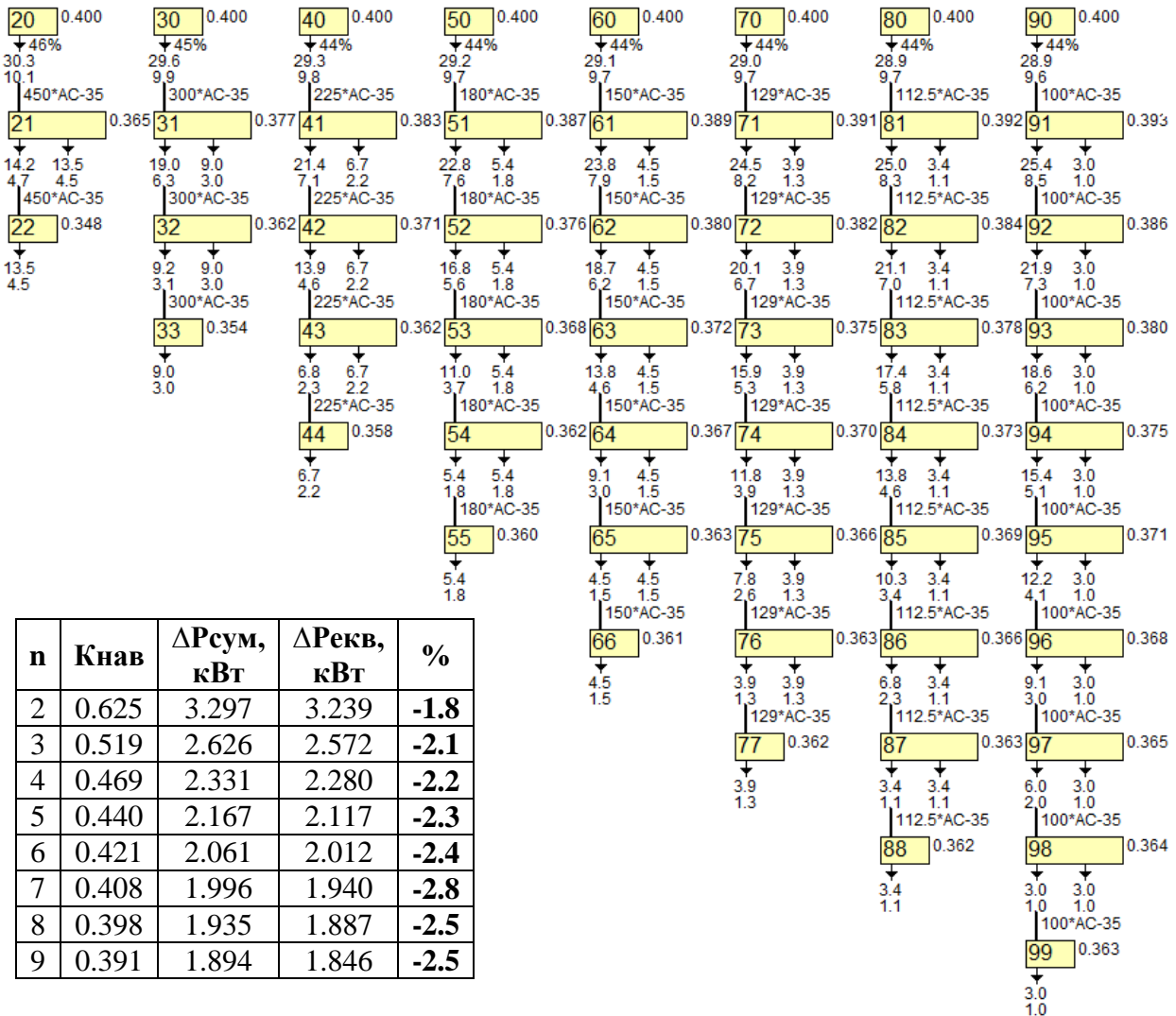


Рис. 2.2. Розрахунки втрат для магістральних і еквівалентних схем ліній 0.38 кВ з кількістю точок приєднання споживачів  $n = 2 - 9$

За результатами розрахунку втрат рис.2.2 видно, що похибка є незначною – на рівні 3%. Звісно така невелика похибка отримана за ідеальних умов (**магістральна схема, однакові навантаження, однакові проміжки** між точками приєднання споживачів), тому для багатьох практичних розрахунків такий спосіб визначення  $K_{\text{нав}}$  може давати значно більшу похибку.

### 2.3. Однолінійна модель лінії 0.38 кВ

Однолінійна модель розгалуженої лінії 0.38 кВ практично не відрізняється від моделей схем вищих класів напруги – постійна потужність вузлів ( $P, Q$ ) і П-подібна модель кабельних і повітряних ліній ( $R, X, G, B$ ). Для кожної вітки необхідно передбачити можливість задання індивідуальних коефіцієнтів  $K_{\text{нес}}$  і  $K_{\text{ф}}^2$ . Можливе використання статичних характеристик навантаження за напругою.

Особливістю мереж 0.38 кВ є наявність двофазних і однофазних ділянок, для яких опір і провідність уточнюються за формулами:

$$R = R \cdot 3 / N_{\text{ф}}, X = X \cdot 3 / N_{\text{ф}}, G = G \cdot N_{\text{ф}} / 3, B = B \cdot N_{\text{ф}} / 3, \text{ де } N_{\text{ф}} - \text{кількість фаз.} \quad (2.5)$$

Однолінійні схеми розгалужених ліній 0.38 кВ повинні прийти на заміну еквівалентним моделям, що дозволить відмовитись від коефіцієнта  $K_{\text{нав}}$ , орієнтовні значення якого можуть вносити суттєві похибки в розрахунки втрат, а також більш точно враховувати вплив розподіленої генерації споживачів.

Однак навіть однолінійні схеми не можуть гарантувати достовірність розрахунків втрат через неможливість оцінки несиметрії навантажень фаз і наявності втрат у нульовому проводі на окремих ділянках лінії 0.38 кВ. Для аналізу впливу цих складових втрат необхідна розробка повноцінної трифазної моделі лінії 0.38 кВ.

### 2.4. Трифазна модель лінії 0.38 кВ

На рис. 2.3 показано дві моделі трифазної лінії 0.38 кВ в яких у першому випадку навантаження представлені опорами, а в другому варіанті – постійними потужностями.

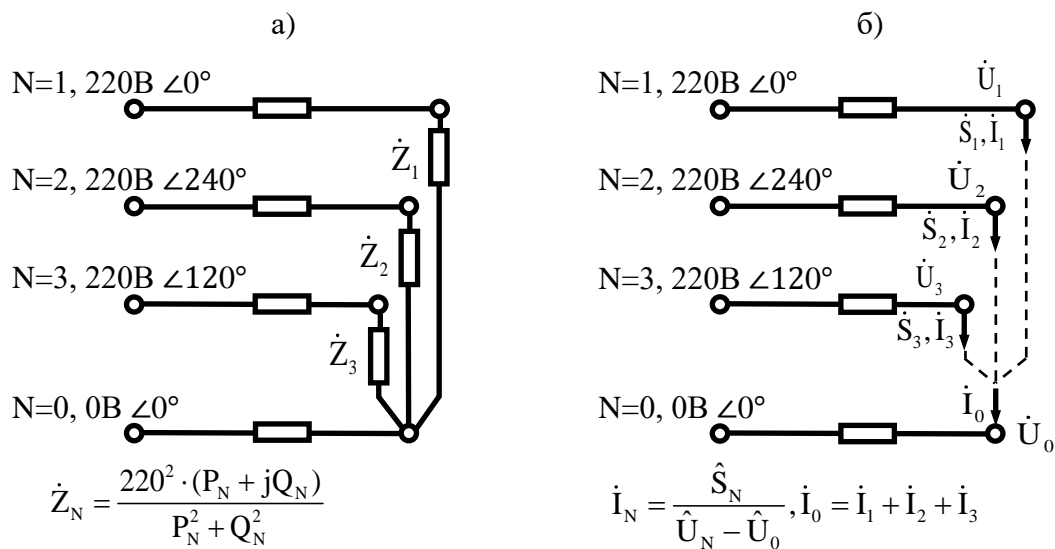


Рис. 2.3. Трифазна модель лінії 0.38 кВ: а) навантаження представлені опорами; б) навантаження представлені потужностями

Модель трифазної лінії 0.38 кВ рис. 2.3 передбачає чотири балансуєчі вузли (БВ) для фаз А, В, С ( $N = 1, 2, 3$ ) з фазною напругою 220 В і кутами  $\angle 0^\circ, \angle 240^\circ, \angle 120^\circ$ , а для нульового проводу з напругою 0 В. Варіант а) рис.2.3 потребує перерахунку навантажень фаз  $P_N, Q_N$  у вітки з постійними опорами  $Z_N$ , що поєднують точку навантаження з точкою нульового проводу. За відсутності навантажень ця модель має кращий збіг ітераційного процесу усталеного режиму, а постійні опори  $Z_N$  еквівалентні застосуванню статичних характеристик навантаження з квадратичною залежністю ( $A_0=0, A_1=0, A_2=1, B_0=0, B_1=0, B_2=1$ ). Але ця модель має низку суттєвих недоліків:

- необхідність перерахунку  $Z_N$  при застосуванні графіків навантажень, що практично для всіх програмних комплексів означає перебудову матричних моделей;
- необхідність відокремлення втрат у мережі від втрат у опорах навантаження  $Z_N$ ;
- ускладнена візуалізація схеми – замість чотирьох розімкнених графів маємо складнозамкнену схему.

У варіанті б) рис. 2.3 трифазна модель має навантаження у вигляді традиційних постійних потужностей, але з рядом особливостей:

1) струми навантаження розраховуються з урахуванням різниці напруг фазного і нульового проводів:  $\dot{I}_N = \hat{S}_N / (\hat{U}_N - \hat{U}_0)$ ;

2) в точках нульового проводу необхідно моделювати ін'єкції сумарного струму фаз:  $\dot{I}_0 = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3$ .

Практичні розрахунки втрат вимагають побудови комплексної схеми 10(6)/0.38 кВ (лінії 10(6) кВ, трансформатори 10(6)/0.38 кВ, лінії 0.38 кВ), тому замість балансуєчих вузлів в моделі рис. 2.3 пропонується використовувати фіктивні трансформаторні зв'язки 380/220 В – рис 2.4.

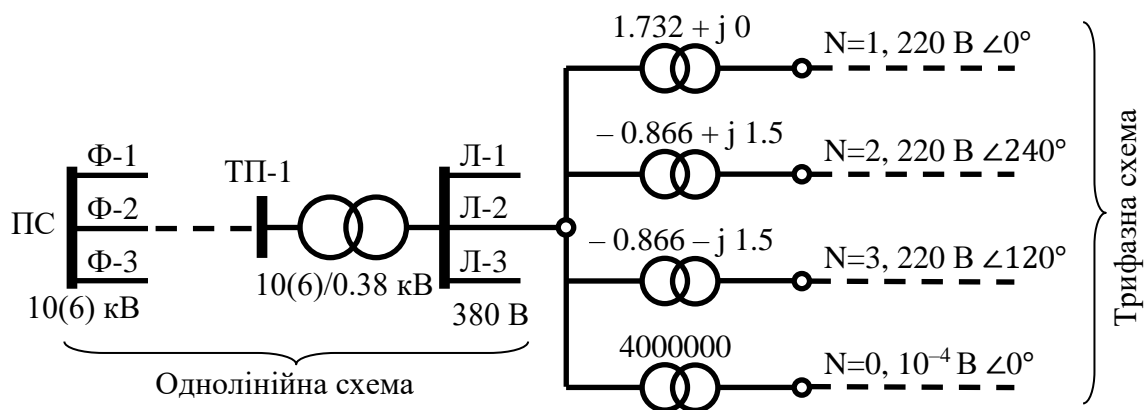


Рис 2.4. Поєднання однолінійної комплексної схеми 10(6)/0.38 кВ і трифазної схеми 220 В з фіктивними трансформаторними зв'язками 380/220 В

На рис. 2.4 пропонується кожену лінію 0.38 кВ представляти чотирма фіктивними трансформаторними зв'язками з комплексними коефіцієнтами трансформації:  $\dot{K}_{T1} = \sqrt{3} \approx 1.732$ ,  $\dot{K}_{T2} = \sqrt{3} \cdot e^{j240} \approx -0.866 + j1.5$ ,  $\dot{K}_{T3} = \sqrt{3} \cdot e^{j120} \approx -0.866 - j1.5$ . Для нульового проводу обрано  $K_{T0} = 4\,000\,000$  для отримання напруги на рівні  $10^{-7}$  кВ або  $10^{-4}$  В.

Модель трифазної лінії 0.38 кВ була б не повною без врахування заземлення нейтралі силового трансформатора ТП і повторних заземлень нульового проводу на опорах ЛЕП 220 В. Згідно сучасних нормативів опір заземлення нейтралі трансформатора 10(6)/0.38 кВ не повинен перевищувати 4 Ом, а опір повторного заземлення нульового провідника лінії не повинен перевищувати 30 Ом. Опір розтікання струму в землі в середньому складає 0.05 Ом/км, тому, з врахуванням відносно невеликих довжин ліній 0.38 кВ, його значення прийнято рівним нулю. На рис. 2.5 представлена модель трифазної лінії 0.38 кВ з врахування заземлення нейтралі трансформатора 10(6)/0.38 кВ ( $R_{зт}$ ) і повторних заземлень нульового провідника лінії ( $R_{зл}$ ).

В моделі рис.2.5 є одна "невеличка" проблема – наявність опору заземлення нейтралі  $R_{зт}$ . При розрахунку режиму за цією моделлю з коефіцієнтами трансформації рис.2.4 отримаємо нульову напругу в нейтралі ( $\dot{U}_0 = 0$ ) і ненульову напругу землі ( $\dot{U}_з \neq 0$ ). Для приведення напруги землі до нуля необхідно відняти розрахункову напругу землі від напруг фаз і нульового проводу:  $\dot{U}_1 = \dot{U}_1 - \dot{U}_з$ ,  $\dot{U}_2 = \dot{U}_2 - \dot{U}_з$ ,  $\dot{U}_3 = \dot{U}_3 - \dot{U}_з$ ,  $\dot{U}_0 = \dot{U}_0 - \dot{U}_з$ . Для моделі рис. 2.3 це може бути корекція напруг балансуєчих вузлів, а для моделі рис. 2.5 – корекція фіктивних коефіцієнтів трансформації.

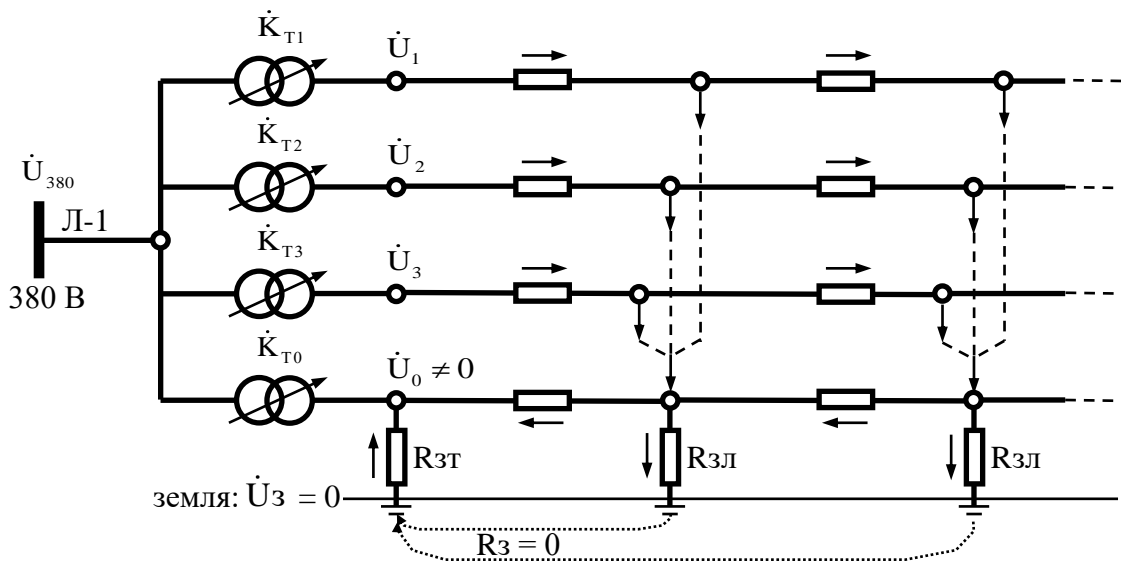


Рис. 2.5. Модель лінії 0.38 кВ із врахуванням заземлень живлячого трансформатора і повторних заземлень нульового провідника

В комплексі РАОТВ реалізована наступна послідовність корекції комплексних коефіцієнтів трансформації моделі рис. 2.5:

- 1) розрахунок усталеного режиму з точністю  $E_{ps}$ ;
- 2)  $U_3 < E_{ps}$  ?, так  $\rightarrow$  вихід, ні  $\rightarrow$  пункт 3);
- 3)  $\dot{K}_{TN} = \dot{U}_{380} / (\dot{U}_N - \dot{U}_3)$ ,

де  $E_{ps}$  – точність розрахунків ( $E_{ps} = 10^{-7}$ );

$\dot{U}_3$  – розрахункова напруга землі;

$\dot{U}_{380}$  – розрахункова напруга на стороні 0.38 кВ (рис. 2.5);

$\dot{U}_N$  – розрахункові напруги нейтралі і фаз ( $N = 0 - 3$ ).

Таким чином фіктивні трансформаторні зв'язки моделі рис. 2.5 в процесі розрахунків змінюються так, щоб забезпечити нульову напругу на землі із заданою точністю.

Слід зазначити, що врахування опору заземлення нейтралі і повторних заземлень нульового провідника практично не впливають на розрахункові значення втрат, оскільки опір нульового провідника значно менший за опір заземлення, відповідно струм і втрати потужності у нульовому провіднику значно більші ніж у заземленнях. Але модель рис. 2.5 представляє інтерес при аналізі наступних ситуацій:

- векторна сума напруги в нейтралі живлячого трансформатора з напругами фаз створює перекося напруг фаз навіть на початку лінії;
- "відгоряння" нульового провідника в нейтралі живлення або обрив нульового провідника, що призводить до значного перекося напруг у споживачів;

В комплексі РАОТВ реалізовано можливість розрахунків усталеного режиму за моделлю рис. 2.5 з представленням навантаження у вигляді потужностей або опорів (опори коригуються за графіками навантажень). Генерація СЕС споживачів представляється виключно постійною потужністю.

## 2.5. Табличні формати ліній 0.38 кВ

Згідно вищезазначеному у підрозділах 2.2 – 2.4 табличні формати ліній 0.38 кВ повинні мати можливість представити лінію в еквівалентному, однолінійному або трифазному вигляді. Реалізація цих форматів показана в табл. 2.1 і 2.2. Формат табл. 2.1 передбачає внесення даних щодо нерозгалужених кабельних ліній з навантаженням в кінці лінії і загальні характеристики повітряних ліній, які в подальшому будуть представлені в еквівалентному вигляді аналогічно кабельним лініям: одна вітка з еквівалентним опором і сумарним навантаженням в кінці вітки. Формат табл. 2.2 передбачає внесення даних щодо поопорних схем ліній 0.38 кВ.

ТП, РП	№тр	Фідер	Параметри ліній	к	04+	Тз	Коп	Кнав	Кнес	Кф <sup>2</sup>	Т	Рнав	Qнав	Рген	Qген
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Табл. 2.1. Формат ліній 0.38 кВ

Колонки 1-2 табл. 2.1 повторюють назви ТП, РП і номер трансформатора з таблиці трансформаторів ТП, РП. Назва лінії 0.38 кВ вказується в колонці 3, при цьому текстовий ідентифікатор вузла в кінці вітки 0.38 кВ буде включати назву ТП, РП і назву фідера, наприклад, для ТП48.2, Т2, Л4 (друга секція ТП48, трансформатор Т2, лінія Л4) ідентифікатор буде мати вигляд "ТП48.Л4". Параметри лінії і комутація в колонках 4, 5 мають такий самий формат, як і для ліній 10(6) кВ (п.2.1.3, 2.1.8). Параметри для розгалуженої повітряної лінії вказуються, як правило, для умовної магістральної ділянки лінії. Рівноцінні і протяжні розгалужені фрагменти схеми можуть вказуватись як послідовні ділянки. Двофазні або однофазні ділянки вказуються перед маркою провoda написом: "2х" або "1х", наприклад, 100\*2хАС-35 (100 метрів двофазного провoda АС-35), 200\*1хСП-70 (200 метрів однофазного провoda СП-70). Ознака "+" в колонці "04+" означає, що лінія має деталізацію у вигляді поопорної схеми у форматі табл. 2.2 і, відповідно, буде формуватись у вигляді однолінійної або трифазної схеми. Колонка "Тз" (тип навантаження) містить ознаки "0" для кабельних ліній із навантаженням в кінці лінії, або "1" для повітряних ліній із розосередженим навантаженням, при цьому значення коефіцієнта навантаження в колонці "Кнав" автоматично приймається рівним 1 або 1/3. В колонці "Коп" вказується кількість опор для автоматичного розрахунку значення "Кнав" за формулою (2.4). Якщо колонка "Кнав" задана вручну, то значення в колонках 7, 8 ігноруються. В колонках "Кнес" і "Кф<sup>2</sup>" вказуються загальні для всієї лінії значення коефіцієнту несиметрії і квадрату коефіцієнта форми графіка навантажень. В колонках 12-16 вказується навантаження лінії за форматом, аналогічним трансформаторам ТП, РП (п.2.1.13).

1/3/4	Фази	Початок	Кінець	З	Параметри ліній	к	№п1	№п3	1н	2н	3н	Рвст	1г	2г	3г	Кнес	Кф <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Табл. 2.2. Формат поопорних схем ліній 0.38 кВ

Формат табл. 2.2 передбачає внесення даних щодо поопорних схем ліній 0.38 кВ як в однолінійному, так і в трифазному варіантах. В колонці "1/3/4" встановлюються ознаки "1" для формування однолінійної схеми лінії, "3" – трифазної, "4" – трифазної з нульовим провodom. Ці **ознаки встановлюються один раз на початку лінії**, тобто додатково позначають початок нової лінії. При необхідності формування однолінійної схеми замість трифазної ознаки "3" або "4" замінюються на "1". В колонці "Фази" вказуються наступні числові значення для трифазної схеми: "12", "23", "13" для двофазних ділянок відповідно з фазами АВ, ВС і АС, і значення "1", "2", "3" для однофазних ділянок А, В, С. Значення "123" не вказується, оскільки використовується за замовчуванням. В колонках "Початок", "Кінець" на початку вказується ідентифікатор лінії, наприклад, "ТП48.Л4", а потім номери опор: 1, 2, 3, 4/1, 4/2 і т.д., можливі нестандартні текстові назви, при цьому текстові ідентифікатори таких точок будуть включати ідентифікатор лінії плюс назву опори, наприклад, для 3-ї опори: "ТП48.Л4.3". Для трифазної схеми ідентифікатори додатково включають номер фази у дужках, наприклад, "ТП48.Л4.3(2)" – 3-я опора, фази В. Колонка 5 містить ознаку "з" (заземлення) на опорах з повторним заземленням, що задані в колонці "Кінець". Параметри ліній вказуються аналогічно лініям 10(6) кВ (п.2.1.3), при цьому двофазні або однофазні ділянки відмічаються записом "2х" або "1х" перед маркою провoda, а перетин нульового провoda вказується у квадратних дужках після перетину фази, наприклад, 200\*2хАС-35[25] – двофазна ділянка лінії з перетином фаз 35 мм<sup>2</sup> і перетином нульового провoda 25 мм<sup>2</sup>. Якщо перетин нульового провoda не вказаний, то він вважається рівним фазному. Колонка комутації "к" вказується згідно п.2.1.8. Кількість однофазних і трифазних приєднань споживачів вказується в колонках "№п1", "№п3", що відносяться до опор, заданих в колонці "Кінець". Якщо навантаження на опорі не задано явно, то воно обчислюється за сумарним навантаженням лінії, вказаним у форматі табл. 2.1, пропорційно кількості приєднань споживачів, причому трифазні приєднання враховуються з більшим ваговим коефіцієнтом порівняно з однофазними приєднаннями (прийнято, що

трифазне приєднання більше однофазного в два рази, що вказується у файлі *vk\_raotp.ini* записом " $K3f=2$ "). В колонках "1н", "2н", "3н" вказуються довільні числові значення для розподілу навантаження між фазами. В колонці "Рвст" вказується встановлена потужність розподіленої генерації споживача (кВт). Якщо генерацію для цього приєднання не вказано явно, то значення "Рвст" використовується для розподілу сумарної генерації ("Рген"), що задано у форматі табл. 2.1 для цієї лінії. В колонках "1г", "2г", "3г", аналогічно колонкам навантаження "1н", "2н", "3н", задаються довільні коефіцієнти, що вказують частки генерації за фазами А, В, С (однакові значення для трифазних приєднань, або одне ненульове значення для однофазного приєднання). В колонках 17, 18 вказуються значення коефіцієнта несиметрії і квадрата коефіцієнта форми графіка навантажень для окремих ділянок лінії. Якщо ці значення не задані, то використовуються загальні значення "Кнес" і "Кф^2" із формату табл. 2.1.

## 2.6. Приклад заповнення форматів лінії 0.38 кВ

Приклад заповнення табличних форматів лінії 0.38 кВ виконаємо для схеми, що показана на рис. 2.6.

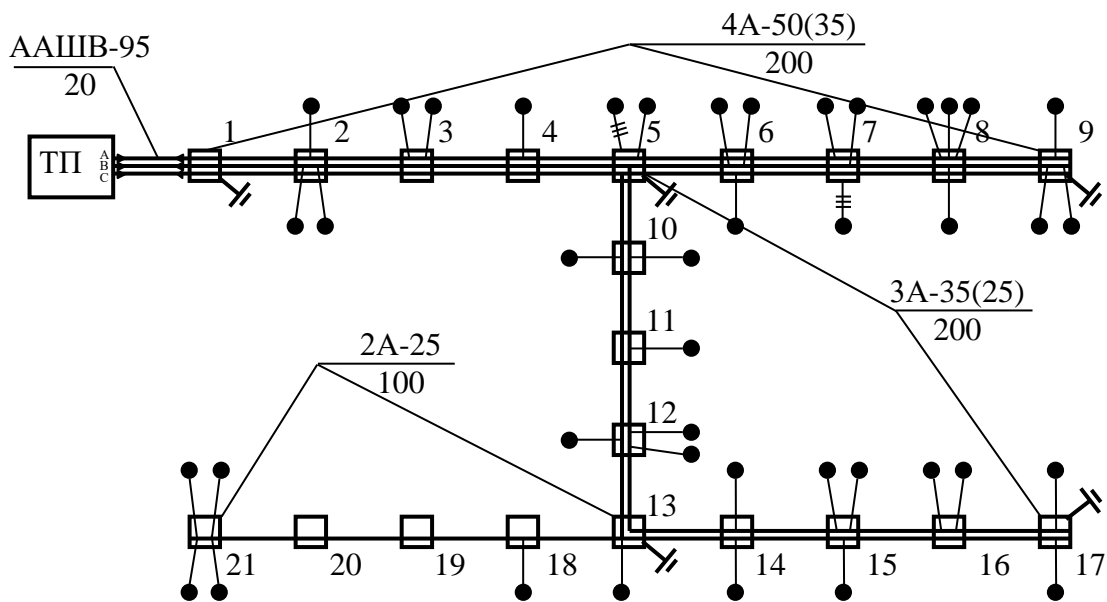


Рис. 2.6 – Трифазна поопорна схема лінії 0.38 кВ

На практиці поопорні схеми ліній 0.38 кВ показують в однолінійному варіанті без деталізації окремих фаз, при цьому двофазні і однофазні ділянки позначають двома або одною рисою на лінії, а приєднання споживачів не містять інформації щодо фази, окрім трифазних приєднань, які позначають трьома рисками. Приклад схеми рис.2.6 представляє конфігурацію всіх трьох фаз з деталізацією приєднань до окремих фаз. На схемі представлена ділянка трифазної мережі між опорами 1-9 з сумарною довжиною 200 м проводом А-50[35] (перетин нульового проводу 35 мм<sup>2</sup>), двофазна ділянка між опорами 5-17 з довжиною 200 м проводом А-35[25] і однофазна ділянка між опорами 13-21 довжиною 100 м проводом А-25. На поопорних схемах кількість проводів вказують з урахуванням нульового проводу, тому трифазні, двофазні і однофазні ділянки мають позначення 4А-50, 3А-35 і 2А-25. Для кожного однофазного споживача показано до якої фази його приєднано. На опорах 5 і 7 є по одному трифазному приєднанню споживачів, позначеному трьома рисками. Опори 1, 5, 9, 13, 17 мають повторні заземлення нульового проводу.

В табл. 2.3 показано формат лінії 0.38 кВ із загальними (сумарними) характеристиками для формування еквівалентної схеми, а в табл. 2.4 показано формат поопорної схеми, причому в залежності від ознаки на початку лінії ("1" або "4") можна формувати як однолінійну, так і трифазну поопорну схему.

ТП, РП	Нтр	Фідер	Параметри ліній			к	04+	Тз	Кнав	Кнес	Кф <sup>2</sup>	Т	Рнав	Рген
ТП		Л	20*АШВ-95+200*А-50+200*А-2х35			+	+	1	0.280	1.600	1.1	5	30800	12000

Табл. 2.3. Загальний формат лінії 0.38 кВ

№	1/3/4	Фази	Початок	Кінець	З	Параметри ліній	Нп1	Нп3	1н	2н	3н	Рвст	1г	2г	3г
1	4		ТП.Л	01	є	20*АШВ-95									
2			01	02		200*А-50[35]	3		1	2					
3			02	03		-	2		2						
4			03	04		-	1		1						
5			04	05	є	-	1	1	2	1	1				
6			05	06		-	3			2	1				
7			06	07		-	2	1	2	2	1				
8			07	08		-	4		3	1					
9			08	09	є	-	3		1	2		30			
10		23	05	10		200*А-2х35[25]	2			1	1				
11		23	10	11		-	1			1					
12		23	11	12		-	3			2	1				
13		23	12	13	є	-	1				1				
14		23	13	14		-	2			1	1				
15		23	14	15		-	3			2	1				
16		23	15	16		-	2			2					
17		23	16	17	є	-	2			1	1	5		1	
18		3	13	18		100*А-1х25	1				1				
19		3	18	19		-									
20		3	19	20		-									
21		3	20	21		-	4				4				

Табл. 2.4. Поопорна схема лінії 0.38 кВ

В табл. 2.3 вказуються загальні дані лінії 0.38 кВ – назва ТП, назва лінії, параметри магістральної ділянки лінії (вказано параметри кабельного виходу (20\*АШВ-95), трифазна ділянка (200\*А-50) і двофазна ділянка (200\*А-2х35). Символ "+" в колонці комутації "к" означає автономну побудову лінії (без форматів ліній 10(6) кВ і трансформаторів 10(6)/0.38 кВ), символ "+" в колонці "04+" означає, що лінія буде представлена поопорною схемою (за відсутності цієї ознаки буде сформована лінія 0.38 кВ з еквівалентними параметрами). Цифра 1 в колонці "Тз" означає, що це лінія із розосередженим навантаженням, цифра "5" в колонці "Т" – навантаження у вигляді активної електроенергії і тангенсу, при цьому в колонках "Рнав" і "Рген" вказано сумарне навантаження лінії (кВт·год).

В табл. 2.4 в першому рядку в колонці "1/3/4" вказано цифру 4 (формувати як трифазну чотирипровідну схему). Для трифазної ділянки колонка "Фази" не заповнюється (за замовчуванням три фази), в рядках 10-17 вказано число 23 – фази В і С, в рядках 18-21 цифра 3 – фаза С. Колонки "Початок" і "Кінець" відображають конфігурацію поопорної схеми, але не в довільному порядку, а ділянками із загальними параметрами. Наприклад, в рядках 2-9 задано ділянку між опорами 01-09, причому в рядку 2 вказано загальні параметри (200\*А-50[35]), а в інших рядках символ "-", що означає включення цієї ділянки у загальні параметри, поставлені зверху. В колонці "З" установлені ознаки повторного заземлення "з" в рядках 1, 5, 9, 13, 17, що відповідає номерам опор в колонці "Кінець". В колонках "Нп1", "Нп3" задано кількість приєднань однофазних і трифазних споживачів для опор в колонці "Кінець". В колонках "1н", "2н", "3н" цифрами задано розподіл приєднань між фазами (1 на одну із фаз на кожне однофазне приєднання і три 1 на всі фази для трифазних приєднань).

Кількість приєднань і розподіл між фазами дозволяють розподілити сумарне споживання електроенергії 30800 кВт·год (табл. 2.3) між опорами і фазами. Наприклад, в табл. 2.4 сумарна кількість однофазних приєднань склала 40 шт. а трифазних – 2 шт. Загальна вага всіх приєднань складає  $40 + 2 \cdot 2 = 44$  (трифазні приєднання вважаємо вдвічі більшими за однофазні). Для опори 07 (рядок 7), що має 2 однофазні і одне трифазне приєднання, доля споживання дорівнює  $((2 + 1 \cdot 2) / 44) \cdot 30800 = 2800$  кВт·год. В свою чергу розподіл між фазами виконується за



коефіцієнтами в колонках "1н", "2н", "3н" (2, 2, 1 → 5): фаза А:  $2800 \cdot 2/5 = 1120$  кВт·год, фаза В:  $2800 \cdot 2/5 = 1120$  кВт·год, фаза С:  $2800 \cdot 1/5 = 560$  кВт·год. Аналогічний підхід до розподілу генерації: сумарна генерація за даними табл. 2.3 дорівнює 1200 кВт·год, розподілена генерація встановлена в опорах 9 і 17 (відповідно рядки 9 і 17) із сумарною встановленою потужністю ("Рвст") генерації  $30 + 5 = 35$  кВт, тоді на 9-ту опору припадає  $(30 / 35) \cdot 12000 = 10286$  кВт·год, а на 17-ту –  $(5 / 35) \cdot 12000 = 1714$  кВт·год. При цьому розподіл генерації по фазах на опорі 9 є однаковим, тобто,  $10286 / 3 = 3429$  кВт·год, оскільки у колонках "1г", "2г", "3г" встановлено однакові значення ("1"), а на опорі 17 наявна однофазна генерація на фазі "В", що дорівнює розрахованому вище значенню: 1714 кВт·год.

Зауважимо, що навантаження по окремим опорам і фазам може бути задано у явному вигляді аналогічно трансформаторам ТП, РП або лініям 0.38 кВ, для цього у форматі поопорних схем також наявні колонки "Т", "Рнав", "Qнав", "Рген", "Qген". Але на цей час такі дані в базах даних споживачів практично відсутні, виключення можуть складати дані щодо розподіленої генерації. Можливий змішаний варіант, коли частина навантажень задана явним чином, а частина розраховується за сумарним навантаженням, але такий варіант не дає можливості застосування еквівалентної схеми (сумарне навантаження не повне).

Побудова трифазних поопорних схем, як правило, використовується для експериментальних розрахунків, тому що на цей час практично відсутні дані щодо пофазних поопорних схем ліній 0.38 кВ та пофазного приєднання споживачів. Для промислових розрахунків використовуються однолінійні поопорні схеми ліній 0.38 кВ.

### 3. Задача "База РЕМ"


Задача "База РЕМ" призначена для максимального спрощення формування і корекції інформаційної бази мереж 0.38-10 кВ великих обсягів. Головне меню задачі "База РЕМ" складається з наступних пунктів:


Пункти меню	Панель керування	Коментар
<b>Схема РЕМ:</b> Створити Завантажити Зберегти Зберегти як Друк Імпорт (*.RS) Імпорт (*.PSH) Імпорт (SLAMO) Вихід	   	- створення бази РЕМ; - завантаження бази РЕМ; - збереження поточної таблиці; - збереження бази РЕМ під іншим ім'ям; - друк поточної таблиці; - імпорт бази РЕМ із формату *.RS; - імпорт бази РЕМ із формату комплексу ЕСКІЗ; - імпорт бази РЕМ із формату комплексу СЛАМО; - вихід із задачі "База РЕМ";
<b>Дані:</b> Лінії 10(6) кВ Тр-ри ТП, РП Лінії 0.4 кВ Схеми ліній 0.4 кВ Вводи п/ст Фідери п/ст Райони схеми Журнал переключень Завантаження N, P Перенумерація відгалужень Перейменування ШЗВ	<b>ПЛ</b> <b>ТП</b> <b>0.4</b> <b>0.4+</b> <b>В<sub>10</sub></b> <b>Ф<sub>10</sub></b>	- формат ліній 10(6) кВ, файл *.RSL; - формат трансформаторів ТП, РП, файл *.RTP; - формат ліній 0.38 кВ, файл *.R04; - формат поопорних схем ліній 0.38 кВ, файл *.L04; - формат введів живлячих підстанцій, файл *.RSV; - формат фідерів підстанцій, РП, ТП, файл *.RSF; - текстові розшифрування номерів районів, файл *.RSH; - переключення за розрахунковий період, файл *.SWT; - завантаження кількості і навантаження споживачів; - установка унікальних номерів відпайок: _1, _2, _3, ...; - перейменування старих назв "ТП**.Т*.04" на "Т*" в колонці "ШЗВ" таблиці тр-рів ТП, РП;
<b>Абоненти:</b> Абоненти РЕМ Прив'язка абонентів до ТП  База пром. абонентів База побут. абонентів Імпорт бази абонентів Формування завантаження ТП, РП Аналіз розподілу навантаження	<b>Пр</b> <b>Бт</b>	- список абонентів з прив'язкою до ТП, РП, файл *.RSA; - заповнення прив'язки ТП, РП у файлі *.RSA за номером договору на основі бази промислових абонентів; - база промислових абонентів, файл *.PRA; - база побутових абонентів, файл *.BTA; - імпорт баз даних промислових і побутових абонентів; - формування завантаження ТП, РП на основі баз даних промислових і побутових абонентів; - контроль сумарного навантаження (кВт·год) у вихідних, проміжних і кінцевих форматах РАОТВ;
<b>Схема:</b> Формування схеми  Вузли схеми Вітки схеми Перетоки в лініях  Порівняння п/ст 10 ↔ 110 кВ	  <b>uzl</b> <b>vet</b> <b>-&gt;</b>	- формування файлів розрахункової схеми (*.UZL, *.VET, в деяких випадках *.PL); - таблиця вузлів схеми, файл *.UZL; - таблиця віток схеми, файл *.VET; - таблиця заданих перетоків у лініях – формуються на основі таблиць введів та фідерів, файл *.PL; - перевірка відповідності ідентифікаторів п/ст у схемах 10(6) кВ та живлячих схемах 110(150)/35 кВ;
<b>Каталоги:</b> Кабельні, повітряні лінії Двообмоткові трансформатори Триобмоткові трансформатори Розщеплені трансформатори Струмообмежувальні реактори Комутаційні апарати Номінальні напруги Добові графіки навантажень		- довідник кабельних та повітряних ліній; - довідник двообмоткових трансформаторів; - довідник триобмоткових трансформаторів; - довідник розщеплених трансформаторів; - довідник струмообмежувальних реакторів; - довідник комутаційних апаратів; - номінали рівнів напруги, та їх контрольні межі; - каталог добових графіків навантажень.

Під базою PEM розуміється сукупність файлів з однаковим ім'ям і розширеннями RSL, RTP, RSV, RSF, R04, L04, RSH, RSA та ін., що зберігають повний обсяг введеної інформації про склад та характеристики мережі 10(6)/0.38 кВ. Робота з цими файлами здійснюється в задачі "База PEM" комплексу РАОТВ.

Основна задача "Бази PEM" – формування розрахункової схеми 10(6)/0.38 кВ. Під розрахунковою схемою розуміються файли з однаковим ім'ям і розширеннями UZL, VET (можливо PL). Робота з файлами розрахункової схеми здійснюється в задачах "Z-режим" та "КВАPEM" комплексу РАОТВ.


### **3.1. Створення, редагування, копіювання бази PEM**

Для створення файлів бази PEM потрібно вибрати меню "Схема PEM" → "Створити" (кнопка  на панелі керування). У стандартному діалоговому вікні необхідно ввести ім'я файлу та натиснути кнопку "Відкрити". Базу PEM також можна імпортувати з файлів \*.RS (застарілий формат розрахункових схем 10(6) кВ). Для цього потрібно вибрати меню "Мережа PEM" → "Імпорт (\*.RS)", у діалоговому вікні вибрати файл(и) \*.RS і натиснути кнопку "Відкрити". Ім'я файлу задається автоматично згідно імені першого файлу \*.RS. Імпорт файлів \*.PSH комплексу ЕСКІЗ виконується аналогічно, але ім'я результуючого файлу вказується у стандартному діалоговому вікні. Імпорт файлів бази СЛАМО виконується через формат Excel (файли \*.xls), при цьому ім'я файлів бази PEM автоматично дається таким самим, як у файлу \*.xls, що імпортується.


Для редагування файлів бази PEM потрібно вибрати меню "Схема PEM" → "Завантажити" (кнопка  на панелі керування). У стандартному діалоговому вікні необхідно вибрати потрібний файл і натиснути кнопку "Відкрити". Після відкриття в головному вікні програми відображається таблиця ліній 10(6) кВ. Перехід між таблицями даних здійснюється за допомогою меню "Дані" → "Лінії 10(6) кВ", "Тр-ри ТП, РП", "Лінії 0.4 кВ", "Схеми ліній 0.4 кВ", "Вводи п/ст", "Фідери п/ст", "Райони схеми", "Журнал переключень", або відповідними кнопками панелі керування "ВЛ", "ТП", "0.4", "0.4+", "В10", "Ф10".

Перехід між таблицями "Лінії 10(6) кВ", "Тр-ри ТП,РП", "Лінії 0.4 кВ", "Схеми ліній 0.4 кВ" також можна здійснювати комбінаціями клавіш "Ctrl"+"→" та "Ctrl"+"←". При переході від таблиці "Лінії 10(6) кВ" до таблиці "Тр-ри ТП,РП" маркер позиціонується на ТП з колонки "Кінець" таблиці ліній, аналогічно при переході від таблиці "Тр-ри ТП,РП" до "Лінії 0.4 кВ", а при переході у таблицю "Схеми ліній 0.4 кВ" виконується пошук і позиціонування за назвою фідера 0.38 кВ. Такий підхід дозволяє значно скоротити операції пошуку. При зворотних кроках пошук не виконується, а маркер становиться на позицію, звідки був перехід. При першому переході (лінії 10(6) → тр-ри ТП, РП), якщо ТП відсутній, то в таблиці "Тр-ри ТП, РП" автоматично створюється запис для швидкого введення тр-ра. Якщо це не потрібно, то зворотний перехід виконується без збереження даних.

При переміщенні курсору по колонках будь-якої таблиці комплексу в нижній частині вікна відображається підказка про необхідний склад і тип даних для поточної колонки.

Збереження поточної таблиці виконується клавішею F2, комбінацією клавіш "Ctrl+S" або пунктом меню "Схема PEM" → "Зберегти" (кнопка  на панелі керування).

Для копіювання файлів бази PEM потрібно вибрати меню "Схема PEM" → "Зберегти як". У стандартному діалоговому вікні необхідно набрати нове ім'я файлу та натиснути кнопку "Відкрити".

Виведення на друк поточної таблиці здійснюється пунктом меню "Схема PEM" → "Друк" (кнопка  на панелі керування). Вікно налаштувань друку описано у пункті 1.7.

### **3.2. Вихідні формати PEM**

#### **3.2.1. Формат ліній 10(6) кВ**

Таблиця відображається автоматично після створення або завантаження файлів бази PEM і надалі вибирається пунктом меню "Дані" → "Лінії 10(6) кВ" або натисканням кнопки "ПЛ" на панелі керування. Дані таблиці зберігаються на диску у файлі з розширенням \*.RSL.

Склад колонок:

Колонка	Опис
<b>п</b>	ознаки лінії: "П" – на початку лінії живляча п/ст, "+" – фрагмент з номерами відпайок, "Т" – трансформатор зв'язку;
<b>Un</b>	номінальна напруга лінії – 10, 6, 0.38 або 10/6 для трансформаторів зв'язку 10 та 6 кВ;
<b>Початок</b>	позначення п/ст, ТП, РП, номери відпайок на початку лінії;
<b>Кінець</b>	позначення п/ст, ТП, РП, номери відпайок в кінці лінії;
<b>к</b>	комутація лінії: "К" – відключена з кінця, "Н" – відключена з початку "О" – відключена з двох сторін, "Ф" – фіксовано відключена з кінця, "П" – лінію пошкоджено;
<b>к(н)</b>	комутація лінії за нормальною схемою;
<b>Тип</b>	тип обладнання: "LN" – лінія, "Т2" – двообмотковий трансформатор, "Т3" – триобмотковий трансформатор, "TR" – розщеплений трансформатор, "RT" – реактор;
<b>Параметри ліній</b>	марка та довжина лінії, наприклад, 100*АСБ-95+200*АС-50, або марка трансформатора зв'язку, наприклад, ТМ-2500/10/6.3;
<b>Nл</b>	номер паралельної лінії або номер відгалуження ПБЗ тр-ра – 1,2,3...;
<b>Дис.номер</b>	диспетчерське позначення лінії (довільний текст);
<b>Ідоп</b>	допустимий струм [А];
<b>Ксум.</b>	коефіцієнт суміщення навантажень для розімкнених мереж;
<b>Vл</b>	ймовірність пошкодження лінії (за замовчуванням Vл = 1);
<b>А</b>	приналежність: " " – основні мережі, "А" – абонентські, "Б" – безгоспні, "С" – сусідні;
<b>Приналеж.</b>	балансна приналежність лінії (довільний текст);
<b>Нр</b>	номер району – 1,2,3...;
<b>Ком.ап.пч.</b> <b>Ком.ап.кін.</b>	комутаційний апарат на початку та в кінці лінії: "-" – відсутній, "В" – вимикач, "Р" – роз'єднувач, "Н" – вимикач навантаження, "R" – реклоузер, "D" – реклоузер двосторонній, "П" – запобіжник;
<b>Прим.</b>	довільний текст;
<b>Індекс</b>	порядковий номер для зворотного зв'язку із форматом віток (*.VET) розрахункової схеми, формується заново кожний раз при формуванні схеми.

Послідовність і особливості заповнення табличного формату ліній 10(6) кВ показано в пунктах 2.1.1 – 2.1.9. Колонка комутації за нормальною схемою "к(н)", як правило, не заповнюється, але має значення при веденні схеми в режимі он-лайн і при необхідності формування схеми з нормальними розривами, а не поточними. Колонка "Тип" заповнюється автоматично тільки при виборі марки обладнання (лінії, трансформатора, реактора) за допомогою клавіші "F9". Колонка "Дис. номер" заповнюється вибірково, але в розрахунковій схемі колонка диспетчерського номеру заповнюється для кожної вітки і буде включати назву живлячої підстанції і всі інші назви через кому, через які живиться поточна вітка. Наприклад, "Північна, ЛЗ Хлібзавод, Л345\_РП1, А" означає, що вітка живиться від ПС "Північна" по фідеру "ЛЗ Хлібзавод", потім від фідера "Л345" РП1, поточна нитка паралельного кабелю "А". Допустимий струм "Ідоп" розраховується автоматично за довідниковими даними найменшого перетину лінії, але може задаватись вручну для нестандартних умов. Колонка "Ксум." може заповнюватись для специфічної задачі розрахунку режиму за коефіцієнтами суміщення навантажень. Ймовірність пошкодження лінії "Vл" використовується для задачі оптимального розміщення комутаційних апаратів за критеріями надійності електропостачання. Колонка "Індекс" заповнюється автоматично при формуванні розрахункової схеми (файлів \*.UZL, \*.VET) послідовною нумерацією, що співпадає з номером рядка, і використовується для зворотного зв'язку файлу віток \*.VET з форматом \*.RSL. Ця колонка також буває корисною, якщо користувач після сортування таблиці за будь-якою колонкою випадково зберіг дані – щоб повернути таблицю у вихідний стан треба відсортувати дані за колонкою "Індекс".

### 3.2.2. Формат трансформаторів ТП, РП

Таблиця вибирається пунктом меню "Дані" → "Тр-ри ТП, РП", кнопкою "ТП" на панелі керування або клавішами "Ctrl"+">" з таблиці ліній 10(6) кВ (позиціонування відбувається за назвою ТП, РП). Дані таблиці зберігаються на диску у файлі з розширенням \*.RTP. В розрахунковій схемі ці дані можуть враховуватись виключно як навантаження вузлів 10(6) кВ (наприклад, для розрахунків ЕЕРП в задачі "КВАРЕМ" більшість схем формується без трансформаторів) або повноцінно включати повний обсяг трансформаторів 10(6)/0.38 кВ з навантаженнями на стороні 0.38 кВ.

Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>ТП, РП</b>	позначення ТП, РП на стороні ВН трансформатора (має збігатися з позначенням у таблиці ліній 10(6) кВ);
<b>ТП, РП (НН)</b>	позначення ТП, РП на стороні НН – <i>практично не використовується, оскільки формується автоматично за позначенням ТП, РП на стороні ВН і номером тр-ра;</i>
<b>Н тр</b>	номер трансформатора;
<b>к тр</b>	ознака комутації тр-ра: "К" – відключено зі сторони НН, "Н" – відключено зі сторони ВН, "О" – відключено з двох сторін;
<b>ШЗВ</b>	номер трансформатора через шиноз'єднувальний вимикач ТП, РП на стороні НН;
<b>к шзв</b>	ознака комутації ШЗВ: "Н" – відключена з початку, "К" – з кінця, "О" – з двох сторін;
<b>Тип</b>	тип обладнання: "Т2" – двообмотковий тр-тор, "Т3" – триобмотковий тр-тор, "TR" – розщеплений тр-тор; "RT" – реактор;
<b>Трансформатор</b>	параметри трансформатора, наприклад ТМ-630/10/0.4;
<b>Нвідг</b>	поточний номер відгалуження ПБЗ;
<b>U</b>	0 – навантаження на стороні НН, 1 – навантаження на стороні ВН (тр-тор в схему не включається);
<b>T</b>	тип навантаження: <b>0</b> – Кз/tg, <b>1</b> – P/Q, <b>2</b> – P/tg, <b>3</b> – I/tg, <b>4</b> – WP/WQ, <b>5</b> – WP/tg;
<b>Рнав</b>	активне навантаження: коефіцієнт завантаження тр-ра [%], потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
<b>Qнав</b>	реактивне навантаження: потужність [кВАр], тангенс tg(φ) = Qнав/Рнав, електроенергія [кВАр·год];
<b>Рген</b>	активна генерація: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
<b>Qген</b>	реактивна генерація: потужність [кВАр], тангенс tg(φ) = Qген/Рген, ел.енергія [кВАр·год];
<b>+/-</b>	ознака балансу в мережі: "+" – прийом у мережу, "-" – видача із мережі, "С" – власні потреби;
<b>Ng (Pn), Ng (Qn)</b>	номер графіка відповідно активного та реактивного навантаження;
<b>Ng (Pr), Ng (Qg)</b>	номер графіка відповідно активної та реактивної генерації;
<b>Кв</b>	ваговий коефіцієнт достовірності навантаження (генерації);
<b>Ксум.</b>	коефіцієнт суміщення навантажень для розімкнених мереж;
<b>WРпром, WQпром</b>	споживання активної і реактивної електроенергії промисловими споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
<b>WРпобут, WQпобут</b>	споживання активної і реактивної електроенергії побутовими споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
<b>dWP, dWQ</b>	втрати активної і реактивної електроенергії в мережі споживача [кВт·год], [кВАр·год];
<b>Нп</b>	кількість приєднаних споживачів;
<b>A</b>	приналежність: " " – основні мережі, "А" – абонентські, "Б" – безгоспні, "С" – сусідні;
<b>Приналеж.</b>	балансова приналежність трансформатора (довільний текст);
<b>Адреса</b>	адреса місця встановлення ТП, РП;
<b>Нр</b>	номер району – 1,2,3...;
<b>Ком.ап.(ВН) Ком.ап.(НН)</b>	комутаційний апарат відповідно на стороні ВН та на стороні НН: "В" – вимикач, "Р" – роз'єднувач, "Н" – вимикач навантаження, "П" – запобіжник;
<b>Примітка</b>	довільний текст;
<b>Індекс</b>	порядковий номер для зворотного зв'язку із форматом віток (*.VET) розрахункової схеми, формується заново кожний раз при формуванні схеми.

Послідовність і особливості заповнення табличного формату трансформаторів ТП, РП показано в пунктах 2.1.10 – 2.1.14. Формування назв вузлів на стороні 0.38 автоматизовано, тому колонка "**ТП, РП (НН)**" практично не використовується, але можливі винятки для нестандартних назв. Колонка "**Тип**" заповнюється автоматично тільки при виборі марки трансформатора за допомогою клавіші "**F9**". Колонка "**Трансформатор**" заповнюється або вручну, або із довідника двообмоткових трансформаторів клавішею "**Insert**". Коефіцієнт трансформації 10(6)/0.38 кВ розраховується з урахуванням колонки "**Нвідг**" (для ПБЗ ±2х2.5% це положення 1..5) або для середнього (3-го положення) при відсутності номеру відгалуження. В колонці "+/-" вказуються ознаки для задачі складання балансів електроенергії. В колонці "**Кв**" може задаватись індивідуальний ваговий коефіцієнт навантаження для задачі балансування навантажень. Колонка "**Ксум.**" може заповнюватись для специфічної задачі розрахунку режиму за коефіцієнтами суміщення навантажень. Колонки "**WРпром**", "**WQпром**", "**WРпобут**", "**WQпобут**", "**dWP**", "**dWQ**" заповнюються автоматично із баз промислових та побутових споживачів і використовуються в задачі складання балансів електроенергії. Колонка "**Нп**" (кількість споживачів) використовується для задачі оптимального розміщення комутаційних апаратів за критеріями надійності електропостачання.

### 3.2.3. Лінії 0.4 кВ

Таблиця обирається пунктом меню "Дані" → "Лінії 0.4 кВ", кнопкою "0.4" на панелі керування або клавішами "Ctrl"+"→" з таблиці тр-рів ТП, РП (позиціонування відбувається за назвою ТП, РП). Дані таблиці зберігаються на диску у файлі з розширенням \*.R04.

Склад колонок:

Колонка	Опис
ТП, РП	позначення п/ст, ТП, РП;
Нтр	номер трансформатора (Т1, Т2, ...);
Фідер	позначення фідера 0.38 кВ;
А	ознака приналежності.: " " – основні мережі, "А" – абонентські, "Б" – безгоспні, "С" – сусідні;
Приналеж.	балансна приналежність лінії (довільний текст);
Параметри ліній	марка та довжина лінії, наприклад, 100*АСБ-95+200*АС-50;
к	комутація лінії: "К" – відключена з кінця, "Н" – відключена з початку "О" – відключена з двох сторін, "П" – лінію пошкоджено, "+" – автономна схема лінії 0.38 кВ;
04+	"+" – ознака наявності поопорної схеми лінії в таблиці "Схеми ліній 0.4 кВ"
Тз	тип завантаження лінії: 0 - в кінці лінії (Кнав = 1), 1 - розподілене навантаження (Кнав = 1/3);
Коп	кількість опор для уточнення Кнав = 1/3 + 1/(2*Коп) + 1/(6*Коп*Коп)
Кнав	коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження вздовж лінії 0.38 кВ - розраховується автоматично на основі Тз і Коп або задається вручну;
Кнес	коефіцієнт, що враховує несиметрію струмів фаз і втрати в нульовому проводі 0.38 кВ;
Кф^2	квадрат коефіцієнта форми графіка навантажень;
%	відсоток завантаження фідера від сумарного завантаження ТП в базі побутових споживачів;
Т	тип навантаження (генерації): 1 – Р/Q, 2 – Р/tg, 3 – I/tg, 4 – WP/WQ, 5 – WP/tg;
Рнав	активне навантаження: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
Qнав	реактивне навантаження: потужність [кВАр], тангенс tg(φ)=Qнав/Рнав, ел.енергія [кВАр·год];
Рген	активна генерація: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
Qген	реактивна генерація: потужність [кВАр], тангенс tg(φ) = Qген/Рген, ел.енергія [кВАр·год];
Нп	кількість приєднаних споживачів;
+/-	ознака балансу в мережі: "+" - прийом в мережу, "-" - видача із мережі, "С" - власні потреби;
Кв	ваговий коефіцієнт достовірності навантаження (генерації);
Нс.х.	номер статичної характеристики навантаження;
Ng (Pn)	номер графіку активного навантаження;
Ng (Qn)	номер графіку реактивного навантаження;
Ng (Pg)	номер графіку активної генерації;
Ng (Qg)	номер графіку реактивної генерації;
WPпром, WQпром	споживання активної і реактивної електроенергії промисловими споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
WPпобут, WQпобут	споживання активної і реактивної електроенергії побутовими споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
dWP, dWQ	втрати активної і реактивної електроенергії в мережі споживача [кВт·год], [кВАр·год];
dWPл	розрахункові втрати активної електроенергії в лінії [кВт·год];
%	відсоток втрат в лінії відносно прийому/видачі електроенергії;
Примітка	текстова примітка;
Індекс	порядковий номер для зворотного зв'язку із форматом віток (*.VET) розрахункової схеми, формується заново кожний раз при формуванні схеми.

Послідовність і особливості заповнення табличного формату ліній 0.4 кВ описані в пунктах 2.5 – 2.6. Ознака "+" в колонці комутації "к" дозволяє виконати автономне формування розрахункової схеми ліній 0.38 кВ (без ліній 10(6) кВ і тр-рів 10(6)/0.38 кВ). Символ "+" в колонці "04+" означає що, буде сформована поопорна схема лінії 0.38 кВ, якщо колонка не задана, то лінія 0.38 кВ буде представлена однією віткою з еквівалентними параметрами. Колонка "Нп" (кількість споживачів) може заповнюватись автоматично за даними поопорних схем після формування схеми. В колонці "+/-" вказуються ознаки для задачі складання балансів електроенергії. В колонці "Кв" може задаватись індивідуальний ваговий коефіцієнт для задачі балансування навантажень. В колонці "Нс.х." може вказуватись номер статичної характеристики навантаження. Колонки "WPпром", "WQпром", "WPпобут", "WQпобут", "dWP", "dWQ" заповнюються із баз промислових і побутових споживачів і використовуються в задачі складання балансів електроенергії. Колонки "dWPл" і "%" заповнюються автоматично після розрахунку втрат електроенергії в задачі "Z-режим" для можливості аналізу ліній з найбільшими втратами в абсолютних і відносних одиницях.

### 3.2.4. Схеми ліній 0.4 кВ

Таблиця вибирається пунктом меню "Дані" → "Схеми ліній 0.4 кВ", кнопкою "0.4+" на панелі керування або клавішами "Ctrl"+"→" з таблиці ліній 0.4 кВ (позиціонування відбувається за номером фідера 0.38 кВ). Дані таблиці зберігаються на диску у файлі з розширенням \*.L04.

Склад колонок:

Колонка	Опис
1/3/4	ознака початку лінії та її типу: 1 – однофазна; 3 – трифазна; 4 – трифазна з нульовим проводом. Також можливі аналогічні ознаки 10, 20, 30 для автономного набору даних, тобто без кодування форматів ліній 10(6) кВ, тр-рів ТП, РП і ліній 0.4 кВ;
Фази	задання номерів фаз для типів 3 і 4 у разі двофазної або однофазної ділянки мережі. Вказуються пари цифр 12, 23, 13 для двофазних ділянок і цифри 1, 2, 3 для однофазних ділянок;
Початок, Кінець	на самому початку вказується назва ТП і номер лінії 0.38 кВ із роздільником "." (наприклад, ТП193.Л15), а далі вказуються номери опор;
З	ознака повторного заземлення нульового провідника ЛЕП, відноситься до опори в кінці ділянки;
Параметри ліній	довжини і марки ділянок ліній. Якщо довжина вказана для групи ділянок, то ця група повинна бути закодована одним фрагментом (без переривів), де сумарна довжина вказується для першої ділянки, а для інших вказується символ "-". Є наступні особливості задання марки: 1) кількість фаз вказується перед перетином із символом "х", наприклад, А-35 (трифазна ділянка), А-2х35 (двофазна ділянка), А-1х35 (однофазна ділянка). Для трифазних схем цей параметр не враховується; 2) якщо перетин нульового проводу відрізняється від фазного, то він вказується у квадратних дужках після основного перетину, наприклад, А-35[25] (перетин нульового проводу 25 мм <sup>2</sup> );
Нп1, Нп3	кількість однофазних і трифазних приєднань, що відносяться до кінцевої опори. Якщо навантаження для опори не вказано, то ці дані використовуються для розподілу сумарного навантаження, заданого в таблиці ліній 0.4 кВ для цієї лінії. Для трифазних приєднань використовується збільшувач ваговий коефіцієнт, який орієнтовно вказує співвідношення трифазного і однофазного навантаження;
1н, 2н, 3н	довільні коефіцієнти, що вказують частки навантажень за фазами А, В, С. За відсутності цих даних навантаження розподіляється рівномірно між трьома фазами;
Рвст	встановлена потужність СЕС споживача (кВт). Якщо генерація для такої СЕС не вказана, то це значення використовується для розподілу сумарної генерації, що задана у таблиці ліній 0.4 кВ для цієї лінії;
1г, 2г, 3г	довільні коефіцієнти, що вказують частки генерації за фазами А, В, С і можуть вказуватись для однофазних приєднань СЕС;
Т, Рнав, Qнав, Рген, Qген, Ng(Рн), Ng(Qн), Ng(Рг), Ng(Qг)	навантаження, генерація і графіки навантажень, що відносяться до приєднань опори в "Кінці" ділянки. Якщо ці дані не вказані, то навантаження розраховується як частка від сумарного навантаження із таблиці ліній 0.4 кВ пропорційно кількості приєднань ("Нп1", "Нп3"), а генерація розраховується як частка від сумарної генерації пропорційно встановленій потужності СЕС ("Рвст"), номери графіків навантажень також дублюються із таблиці ліній 0.4 кВ;
Нс.х.	номер статичної характеристики навантажень. Якщо дані не вказані, то використовуються загальні дані із таблиці ліній 0.4 кВ;
Кнес, Кф^2	коефіцієнт несиметрії (однолінійна схема) і квадрат коефіцієнта форми графіка навантажень для окремої ділянки. Якщо дані не вказані, то використовуються загальні дані із таблиці ліній 0.4 кВ;
WРпром, WQпром	споживання активної і реактивної електроенергії промисловими споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
WРпобут, WQпобут	споживання активної і реактивної електроенергії побутовими споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
dWP, dWQ	втрати активної і реактивної електроенергії в мережі споживача [кВт·год], [кВАр·год];
А	ознака абонентської ділянки;
Приналеж.	балансна приналежність ділянки лінії (довільний текст);
№р	номер району, як правило складається з номеру ТП і номеру лінії, наприклад, для ТП193.Л15 – 19305. Задання номеру району дозволяє оцінити сумарні втрати лінії в задачі розрахунку втрат, хоча ці втрати також дублюються в таблицю ліній 0.4 кВ (колонки "dWPл", "%");
Примітка	текстова примітка;

Послідовність і особливості заповнення табличного формату поопорних схем ліній 0.38 кВ описані в пунктах 2.5 – 2.6. Формат **схеми ліній 0.4 кВ** розроблено для можливості використання **повної інформації**, тобто, відомі конфігурація, точки приєднання, навантаження/генерація окремих споживачів для кожної фази лінії 0.38 кВ (трифазна модель рис. 2.6). Але на практиці, як правило, відома загальна конфігурація лінії 0.38 кВ з позначеннями двофазних і однофазних ділянок, кількість приєднань (однофазних і трифазних), потужності СЕС і сумарні показники навантаження і генерації лінії 0.38 кВ. Тобто, для практичних розрахунків втрат на основі однолінійних схем достатньо заповнення колонок "1/3/4", "Початок", "Кінець", "Параметри ліній", "Nп1", "Nп3", "Pвст". Для експериментальних розрахунків трифазних схем необхідно додатково задати колонки "З", "1н", "2н", "3н". Колонки "1г", "2г", "3г" вказуються за умови приєднання однофазної СЕС.

### 3.2.5. Вводи підстанцій

Таблиця вибирається пунктом меню "Дані" → "Вводи п/ст" або кнопкою "В10" на панелі керування. Дані таблиці зберігаються на диску у файлі з розширенням \*.RSV. Дані цього формату використовуються для задач балансування навантажень та/або складання балансів електроенергії.

Склад колонок:

Колонка	Опис
<b>Підстанція</b>	позначення живлячої підстанції;
<b>Ввод ПС</b>	позначення вводу (секції шин) підстанції;
<b>Ус.ш.</b>	виміряна або середня напруга на секції шин підстанції [кВ];
<b>Б</b>	ознака: "Б" – балансування навантажень за вводом, "О" – ввід відключено, "П" – безвартний корисний відпуск, "+" – прийом в мережу, "-" – видача з мережі;
<b>ШЗВ</b>	зв'язок з іншим вводом (секцією шин);
<b>к шзв</b>	комутація ШЗВ: "К" - відкл. з кінця, "Н" - відкл. з початку "О" - відкл. з двох сторін;
<b>Т</b>	тип виміру: 1 – P/Q, 2 – P/tg, 3 – I/tg, 4 – WP/WQ, 5 – WP/tg;
<b>P→</b>	актив прийом: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
<b>Q→</b>	реактив прийом: потужність [кВАр], тангенс $\text{tg}(\varphi) = Q/P$ , електроенергія [кВАр·год];
<b>P←</b>	актив видача: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
<b>Q←</b>	реактив видача: потужність [кВАр], тангенс $\text{tg}(\varphi) = Q/P$ , електроенергія [кВАр·год];
<b>WPспож, WQспож</b>	споживання активної і реактивної електроенергії безвартними споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
<b>WPген, WQген</b>	генерація активної і реактивної електроенергії безвартними споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
<b>dWP, dWQ</b>	розрахункові втрати активної і реактивної електроенергії в мережі споживача [кВт·год], [кВАр·год];
<b>Ng (P→)</b>	номер графіку P→ (вибирається по клавіші "Insert");
<b>Ng (Q→)</b>	номер графіку Q→ (вибирається по клавіші "Insert");
<b>Ng (P←)</b>	номер графіку P← (вибирається по клавіші "Insert");
<b>Ng (Q←)</b>	номер графіку Q← (вибирається по клавіші "Insert");
<b>Nгр</b>	номери груп вимірів (найменування номерів груп зазначаються у таблиці "Райони схеми");
<b>Індекс</b>	порядковий номер для зворотного зв'язку із форматом віток (*.VET) розрахункової схеми, формується заново кожний раз при формуванні схеми.

Послідовність і особливості заповнення табличного формату вводів підстанцій описані в пунктах 2.1.15 – 2.1.18. Колонка "Підстанція" не обов'язкова для заповнення, але корисна для задачі складання балансів електроенергії, коли показники всіх вводів підсумовуються в рамках однієї підстанції. В колонках "WPспож", "WQспож", "WPген", "WQген", "dWP", "dWQ" вказується характеристики електроспоживання споживачів, які приєднані безпосередньо до вводу живлячої підстанції. Ці дані, як правило, заповнюються автоматично з бази даних промислових споживачів і використовуються в задачі складання балансів електроенергії. Колонка "Nгр" (номер групи) також використовується в задачі складання балансів електроенергії для виборки групи вимірів, наприклад, виміри за вводами, виміри за фідерами живлячих підстанцій, виміри на РП, виміри на ТП та ін.



### 3.2.6. Фідери підстанцій

Таблиця вибирається пунктом меню "Дані" → "Фідери п/ст" або кнопкою "Ф10" на панелі керування. Дані цієї таблиці зберігаються на диску у файлі з розширенням \*.RSF. Дані цього формату використовуються для задач балансування навантажень та/або складання балансів електроенергії.

Склад колонок:

Колонка	Опис
Початок	позначення початку лінії, в якій задається вимір;
Кінець	позначення кінця лінії, в якій задається вимір;
Нл	номер паралельної лінії;
Позначення	позначення (диспетчерське найменування) лінії (довільний текст);
к/п	ознака місця встановлення виміру ("0" – в кінці лінії, "1" – на початку лінії);
Б	ознака: "Б" – балансування навантажень по фідеру, "П" – безвартний корисний відпуск, "+" – прийом в мережу, "-" – видача з мережі, "С" – власні потреби;
Т	тип виміру: 1 – P/Q, 2 – P/tg, 3 – I/tg, 4 – WP/WQ, 5 – WP/tg;
P→	активний прийом: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
Q→	реактивний прийом: потужність [кВАр], тангенс tg(φ) = Q/P, електроенергія [кВАр·год];
P←	активний видача: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
Q←	реактивний видача: потужність [кВАр], тангенс tg(φ) = Q/P, електроенергія [кВАр·год];
WP <span>спож</span> , WQ <span>спож</span>	споживання активної і реактивної електроенергії безвартними споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
WP <span>ген</span> , WQ <span>ген</span>	генерація активної і реактивної електроенергії безвартними споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
dWP, dWQ	розрахункові втрати активної і реактивної електроенергії в мережі споживача [кВт·год], [кВАр·год];
Ng (P→)	номер графіку P→ (вибирається по клавіші "Insert");
Ng (Q→)	номер графіку Q→ (вибирається по клавіші "Insert");
Ng (P←)	номер графіку P← (вибирається по клавіші "Insert");
Ng (Q←)	номер графіку Q← (вибирається по клавіші "Insert");
Ngr	номери груп вимірів (найменування номерів груп зазначаються у таблиці "Райони схеми");

Послідовність і особливості заповнення табличного формату введів підстанцій описані в пунктах 2.1.19 – 2.1.20. В колонках "WPспож", "WQспож", "WPген", "WQген", "dWP", "dWQ" вказується характеристики електроспоживання споживачів, які приєднані безпосередньо до фідерів живлячої підстанції. Ці дані, як правило, заповнюються автоматично з бази даних промислових споживачів і використовуються в задачі складання балансів електроенергії. Колонка "Ngr" (номер групи) також використовується в задачі складання балансів електроенергії для вибірки групи вимірів, наприклад, виміри за вводами, виміри за фідерами живлячих підстанцій, виміри на РП, виміри на ТП та ін. *Окрім вимірів на фідерах живлячих підстанцій також можна задати виміри на будь-яких вітках, наприклад, на лініях 10(6) РП, на вводах трансформаторів 10(6)/0.38 кВ, на фідерах ліній 0.38 кВ.*

### 3.2.7. Райони схеми

Даний формат призначений для текстового розшифрування номерів районів схеми або номерів груп вимірів, заданих користувачем в таблицях введів і фідерів підстанцій. Таблиця вибирається пунктом меню "Дані" → "Райони схеми" і зберігається на диску у файлі з розширенням \*.RSH. Склад колонок:

Колонка	Опис
N района	порядковий номер району;
Найменування района	довільний текст.

### 3.2.8. Журнал переключень

Даний формат призначений для задання зміни комутацій ліній та трансформаторів за розрахунковий період, вибирається пунктом меню "Дані" → "Журнал переключень" і зберігається на диску у файлі \*.SWT. Детальний опис цього формату наведено в п.4.1.5 задачі "Z-режим". *Цей формат призначений для автоматизованого заповнення з графіки схеми в задачі "Z-режим", але також наявний в задачі "Базі РЕМ", оскільки нумерація вузлів, в тому числі для цього формату, відбувається в задачі "Базі РЕМ" при формуванні розрахункової схеми.*

### 3.2.9. Абоненти РЕМ

Цей формат призначений для створення інформаційної прив'язки абонентів РЕМ до ТП, РП. Вибирається пунктом меню "Абоненти" → "Абоненти РЕМ" і зберігається на диску у файлі з розширенням \*.RSA.

Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>ТП, РП</b>	позначення ТП, РП;
<b>№ дог</b>	номер договору про постачання електроенергії;
<b>№ кат.</b>	номер категорії електропостачання підприємства;
<b>Найменування споживача</b>	текстове найменування споживача;
<b>Адреса споживача</b>	текстова адреса споживача.

Колонку "ТП, РП" можна заповнити автоматично, використавши пункт меню "Абоненти" → "Прив'язка абонентів до ТП" за наявності заповненої таблиці промислових абонентів.

### 3.3. База комерційного обліку

Для розрахунків втрат електроенергії повинні бути сформовані завантаження трансформаторів 10(6)/0.38 кВ ТП, РП та ліній 0.38 кВ. Таке завантаження може бути сформоване на основі бази комерційного обліку, що використовується для розрахунків за електроенергію в абонентських комплексах (білінгових системах). Зазвичай існує поділ на базу **промислових** абонентів і базу **побутових** абонентів. Формати таблиць цих баз представлені нижче.

#### 3.3.1. База промислових абонентів

Вибирається пунктом меню "Абоненти" → "База пром. абонентів" і зберігається на диску у файлі з розширенням \*.PRA.

Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>Вузол схеми</b>	назва вузла схеми – формується автоматично після формування завантаження ТП, РП;
<b>ТП, РП</b>	позначення ТП, РП;
<b>№тр</b>	номер трансформатора;
<b>Фід.</b>	позначення фідера 0.38 кВ;
<b>№дог</b>	номер договору ДПЕ;
<b>Споживач</b>	найменування споживача (довільний текст);
<b>№т.о.</b>	номер точки обліку;
<b>Точка обліку</b>	позначення точки обліку (довільний текст);
<b>Адреса</b>	адреса споживача (довільний текст);
<b>Графік роботи</b>	1-змінний, 2-змінний, 3-змінний, цілодобовий, сезонний тощо;
<b>Рдозв</b>	дозволена потужність, кВт;
<b>Тип</b>	тип лічильника: <b>0</b> – актив (ген.), <b>1</b> – актив (спож.), <b>2</b> – реактив (спож.), <b>3</b> – реактив (ген.);
<b>У/Н</b>	"У" – лічильник встановлений, "Н" – лічильник відсутній;
<b>№ліч.</b>	заводський номер лічильника;
<b>Марка лічильника</b>	марка лічильника;
<b>Пот.пок.</b>	поточні показання лічильника;
<b>Попер.пок.</b>	попередні показання лічильника;
<b>Ктс</b>	коефіцієнт трансформатора струму;
<b>Ктн</b>	коефіцієнт трансформатора напруги;
<b>Кліч</b>	коефіцієнт обліку лічильника;
<b>с</b>	ознака субабонента – символ "1";
<b>л</b>	ознака встановлення обліку в кінці лінії 0.38 кВ – символ "1";
<b>W</b>	обсяг електроенергії за лічильником;
<b>Тр-гор</b>	марка трансформатора (довільний текст);
<b>Вт</b>	втрати у трансформаторі;
<b>Лінія</b>	марка лінії (довільний текст);
<b>Wл</b>	втрати в лінії;
<b>Wсум</b>	сумарне значення e/e, $W_c = W + W_t + W_l$ .

Даний формат являє собою таблицю лічильників промислових абонентів РЕМ з прив'язкою до ТП, РП і призначений для формування завантаження трансформаторів 10(6)/0.38 кВ на поточний розрахунковий період (місяць). Колонка "Вузол схеми" заповнюється автоматично після формування завантаження ТП, РП (п.3.5). Ідентифікатор в колонці "ТП, РП" повинен точно відповідати ідентифікаторам в таблиці трансформаторів ТП, РП, вводів або фідерів підстанцій. Номер трансформатора (колонка "Nтр") вказується тільки для тих ТП, що містять кілька трансформаторів на одній секції шин. Якщо облік встановлено в кінці лінії 0.38 кВ, то в колонці "л" повинна бути встановлена ознака "1", а в колонці "Фід." вказується позначення фідера 0.38 кВ. Позначення фідера повинно точно відповідати позначенню в таблиці ліній 0.4 кВ. Колонка "Nт.о." має містити порядковий номер точки обліку відносно номера договору цього абонента. Колонка "Y/N" містить символ "Y", якщо в точці обліку встановлено лічильник заданого типу (колонка "Тип"), і символ "N", якщо не встановлено (наприклад, показання визначаються у розрахунковий спосіб). У колонці "с" вказується ознака "1" якщо це лічильник субабонента (його показання віднімаються).

### 3.3.2. База побутових абонентів

Вибирається пунктом меню "Абоненти" → "База побут. абонентів" і зберігається на диску у файлі з розширенням \*.ВТА.

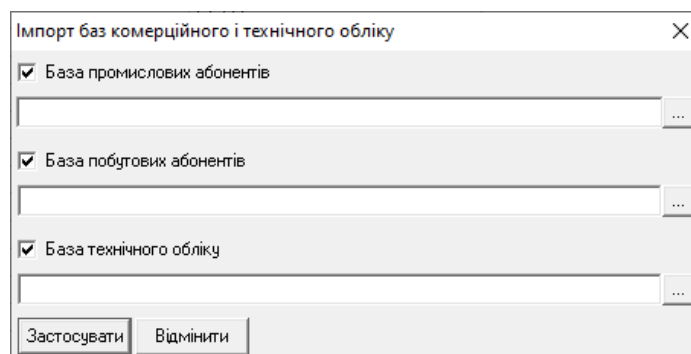
Склад колонок:

Колонка	Опис
Вузол схеми	назва вузла схеми – формується автоматично після формування завантаження ТП, РП;
ТП, РП	позначення ТП, РП;
Фідер	позначення фідера 0.38 кВ;
W сум, кВтг	сумарний обсяг електроенергії;
К спож. (всього)	сумарна кількість приєднаних споживачів;
К спож. (оплата)	кількість споживачів, що сплатили за електроенергію;
W сер, кВтг	середні витрати на одного споживача.

Колонка "W сум, кВтг" містить сумарні витрати електроенергії по ТП або по лінії 0.38 кВ, якщо задана колонка "Фідер". Колонки "К спож. (всього)", "К спож. (оплата)" містять, відповідно, сумарну кількість приєднаних побутових споживачів і кількість таких, що сплатили за електроенергію.

### 3.4. Імпорт бази абонентів

Для розрахунку технічної складової втрат і складання балансів електроенергії у програмному комплексі передбачено щомісячний імпорт баз комерційного і технічного обліку з проміжних файлів \*.XLS, які, в свою чергу, експортуються із баз даних енергокомпаній. Операція виконується вибором пункту меню "Абоненти" → "Імпорт бази абонентів":



Файли \*.XLS у відповідні позиції обирається кнопкою "...". Файли у позиціях "База промислових абонентів" і "База побутових абонентів" призначені для заповнення відповідних форматів (п.3.3.1, 3.3.2), "База технічного обліку" призначена для заповнення форматів вводів і фідерів підстанцій (п. 3.2.5, 3.2.6). Файли \*.XLS можуть мати довільний формат колонок, але при цьому повинні мати *однакову текстову ідентифікацію назв підстанцій, ТП, РП, фідерів 10(6) кВ, фідерів 0.38 кВ із базою РЕМ комплексу РАОТВ.*

### 3.5. Формування завантаження ТП, РП

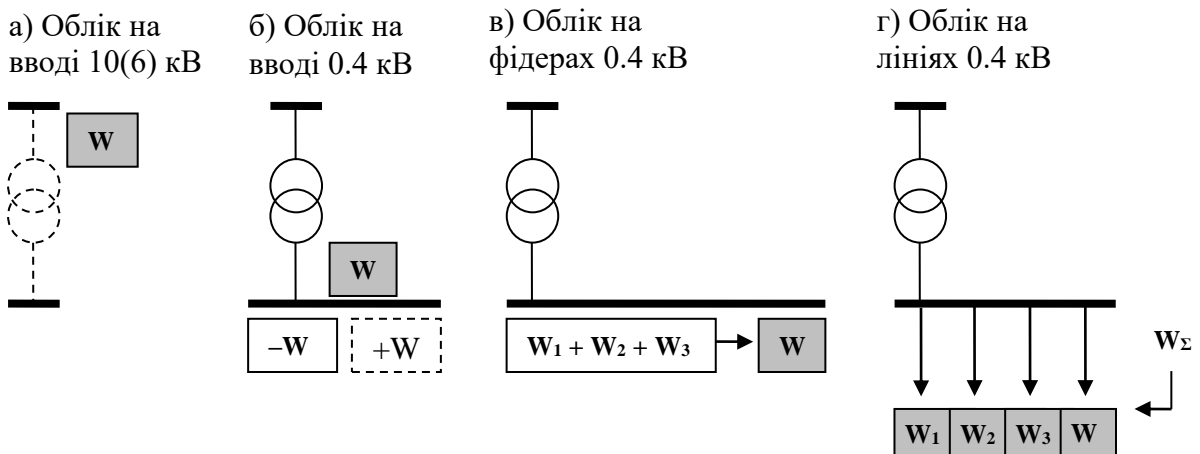
Формування завантаження – підсумування обсягів електроенергії на лінії і секції шин 0.38 кВ ТП, РП, секції шин 10(6) кВ ТП, РП, а також на фідери і вводи 10(6) кВ живлячих підстанцій у випадку "безвтратних" споживачів з баз промислових та побутових абонентів. Операція виконується вибором меню "Абоненти" → "Формування завантаження ТП, РП".

У вікні налаштувань встановлюються середні тангенси для промислових і побутових абонентів, які використовуються для визначення розрахункового реактивного споживання. Опції "Розподіл завантаження за фідерами 0.4 кВ" визначають принцип розподілу побутового навантаження по лініях 0.38 кВ, якщо задане сумарне споживання по ТП. Опції "Відключити тр-ри з нульовим завантаж. ( $W_{тр}=0$ )" та "Відключити нерівномірно завантажені тр-ри ..." дозволяють автоматично встановлювати комутацію трансформаторів на ТП з кількома трансформаторами (ознака "Р" (резерв) в колонці "к тр" таблиці тр-рів ТП, РП, яка аналогічна "О" – відключенню з двох сторін).

Операцію формування завантаження рекомендується виконувати двічі: вперше з відключеною опцією "Розподіл завантаження за фідерами 0.4 кВ" – при цьому навантаження розподіляється тільки на трансформатори ТП (на лінії 0.38 кВ не розподіляється), і за нерівномірністю цього розподілу можна автоматично вимкнути незавантажені трансформатори; вдруге з увімкненою опцією "Розподіл завантаження за фідерами 0.4 кВ" для формування завантаження ліній 0.38 кВ (але при цьому із вже зафіксованою комутацією трансформаторів).

В результаті повинні заповнитися колонки "Т", "Рнав", "Qнав", "Рген", "Qген", "WРпром", "WQпром", "WРпобут", "WQпобут", "dWP", "dWQ" таблиць тр-рів ТП, РП і ліній 0.4 кВ (п.3.2.2, 3.2.3), а також колонки "WРспож", "WQспож", "WРген", "WQген", "dWP", "dWQ" таблиць вводів і фідерів підстанцій (п. 3.2.5, 3.2.6). У нижній частині вікна з'являться повідомлення про помилки і про відключення незавантажених трансформаторів.

Завантаження трансформаторів із бази промислових абонентів виконується за наступними варіантами:



а) навантаження встановлюється на секції шин 10(6) кВ ТП, при цьому трансформатор у схему не включається (втрати в ньому не враховуються);

б) облік основного абонента встановлено на вводі 0.38 кВ, "-W" – облік субабонента, показання якого віднімаються від основного. Проте цей субабонент в іншому записі виступає як основний зі знаком "+", тому сумарне завантаження трансформатора повинне відповідати показанням обліку на вводі 0.38 кВ;

в) обліки встановлені на фідерах 0.38 кВ, тому завантаження трансформатора дорівнюватиме сумі показань цих обліків;

г) навантаження встановлюється в кінці ліній 0.38 кВ.

Варіанти а) і б) в базі **промислових абонентів** визначаються за коефіцієнтом трансформатора напруги:  $K_{тн} = 1$  – сторона 0.38 кВ,  $K_{тн} \neq 1$  – сторона 10(6) кВ, при цьому колонка "U" таблиці **тр-рів ТП, РП** автоматично заповнюється "1" або "0" (вимір на ВН або НН). Колонка типу навантаження "Т" таблиць **тр-рів ТП, РП і ліній 0.4 кВ** автоматично заповнюється ознакою "-4", де "4" – тип вимірювання "WP, WQ", а знак мінус вказує на автоматичне заповнення даних. Справа в тому, що перед автоматичним підсумовуванням навантажень, колонки "Рнав", "Qнав", "Рген", "Qген" повинні бути очищені, але деякі дані можуть встановлюватись вручну (наприклад, генерація ГЕС, СЕС, ВЕС та ін.), тому очищені будуть тільки дані, що мають від'ємний тип навантаження. Якщо на ТП є декілька трансформаторів, у базі **промислових абонентів** має бути вказаний номер трансформатора, на якому встановлено облік. Показання лічильників підсумовуються для кожного ТП, РП. Показання лічильників субабонентів віднімаються. Якщо відсутній лічильник споживання реактивної електроенергії, його показання розраховуються як  $WQ = WP \cdot \text{tg}\phi$ .

За умови включення опції "**Розподіл завантаження за фідерами 0.4 кВ**" якщо лічильник встановлений в кінці лінії 0.38 кВ (колонка "л" = 1), його показання підсумовуються на лінію 0.38 кВ, яка вказана в колонці "**Фід.**" таблиці **промислових абонентів**. Якщо фідер 0.38 кВ не заданий, то навантаження підсумовується до шини 0.38 кВ відповідного трансформатора ТП, РП.

Можливі наступні помилки при формуванні завантаження з бази **промислових абонентів**:

- **фідер ... у таблиці ліній 0.4 кВ не знайдено** – ідентифікатор лінії 0.38 кВ не знайдено у колонці "**Фідер**" таблиці ліній 0.4 кВ;
- **на ТП... не вірно вказано номер трансформатора** – або не вказано номер трансформатора ТП, що має кілька трансформаторів, або такий номер тр-ра відсутній;
- **ТП... у таблиці трансформаторів ТП, РП не знайдено** – ідентифікатор ТП не знайдено у колонці "**ТП, РП**" таблиці трансформаторів ТП, РП;
- **Трансформатор ТП... Т1 вимкнено** – навантаження встановлюється на вимкнений трансформатор;
- **ТП... облік встановлений на ВН та НН тр-ра** – в базі є обліки на сторонах 10(6) і 0.38 кВ, але це конфліктна ситуація з точки зору встановлення навантаження, оскільки трансформатор не буде включено до схеми;
- **рядок ... : значення  $W < 0$**  – від'ємне значення споживання електроенергії.

За умови включення опції "**Розподіл завантаження за фідерами 0.4 кВ**" навантаження з таблиці **побутових абонентів** підсумовуються на лінії 0.38 кВ, задані в колонці "**Фідер**". Якщо фідер не вказано, то обсяги електроенергії розподіляються по всіх лініях 0.38 кВ даного ТП, РП за даними колонки "%" таблиці **ліній 0.4 кВ** (відсоток завантаження фідера від сумарного завантаження ТП у базі побутових споживачів). Якщо ці дані не вказані, то розподіл відбувається згідно обраного варіанту: пропорційно до **сумарних довжин** або **головних перерізів** ліній 0.38 кВ. Якщо для заданого ТП, РП відсутній опис ліній 0.38 кВ, його споживання встановлюється на шини 0.38 кВ ТП, РП.

Можливі наступні помилки при формуванні завантаження з бази **побутових абонентів**:

- **фідер ... у таблиці ліній 0.4 кВ не знайдено** – ідентифікатор лінії 0.38 кВ не знайдено у колонці "**Фідер**" таблиці ліній 0.4 кВ;
- **ТП... у таблиці трансформаторів ТП, РП не знайдено** – ідентифікатор ТП не знайдено у колонці "**ТП, РП**" таблиці трансформаторів ТП, РП;
- **рядок ... : значення  $W < 0$**  – від'ємне значення споживання електроенергії.

Також передбачено аналіз завантаження трансформаторів з виведенням повідомлень у таких ситуаціях:

- **нульове завантаження** –  $W_{тр} = 0$ ;
- **від'ємне завантаження** –  $W_{тр} < 0$ ;
- **нерівномірне завантаження** –  $W_{тр}/W_{ТП} < \dots \%$ ,

де  $W_{тр}$  – завантаження трансформатора,  $W_{ТП}$  – сумарне завантаження ТП за всіма трансформаторами. У разі нульового або нерівномірного завантаження трансформатора можна включити опцію для його автоматичного відключення (ознака "Р"). Від'ємне навантаження приймається рівним нулю.

### 3.6. Формування схеми

Кінцевим результатом роботи в задачі "База РЕМ" є розрахункова схема (файли \*.UZL, \*.VET, а в деяких випадках \*.PL), що має універсальний формат для схем всіх рівнів напруг (0.38 – 750 кВ): нумерацію, унікальні текстові назви, визначений склад балансуєчих пунктів, навантаження (потужності або електроенергія), номінальні (задані) напруги та ін. **вузлів розрахункової схеми**; номери (назви) початку і кінця, комутацію, параметри R, X, G, B, Kтр, допустимі струми (потужності), диспетчерські назви та ін. **віток розрахункової схеми**. У формуванні схеми беруть участь наступні формати "Бази РЕМ":

лінії 10(6) кВ (\*.RSL)  
тр-ри ТП, РП (\*.RTP) → вузли і вітки (\*.UZL, \*.VET)  
лінії 0.38 кВ (\*.R04)  
схеми ліній 0.38 кВ (\*.L04)


вводи підстанцій (\*.RSV) → перетоки в лініях (\*.PL)  
фідери підстанцій (\*.RSF)

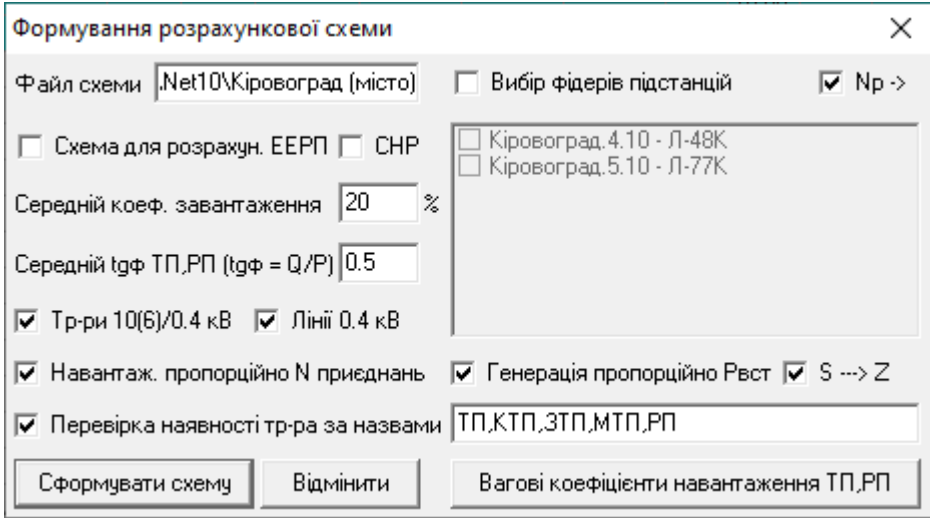
Практично обов'язковою компонентою при формуванні схеми є **лінії 10(6) кВ**, формат **тр-ри ТП, РП** може використовуватись або для формування навантажень вузлів, або у повній мірі включати в схему тр-ри 10(6)/0.38 кВ. Формат **ліній (схем ліній) 0.38 кВ** також включається до схеми опціонально за наявності двох попередніх, але в деяких випадках може формуватись автономно. Виміри по **вводам і фідерам підстанцій** об'єднуються в один формат: **перетоки в лініях**.

При формуванні схеми нумерація вузлів не має логічного змісту і кожний раз формується заново за зростанням цілих чисел починаючи з 1-го номеру. Тому будь-яка прив'язка до вузлів схеми виконується за їх назвами (п.2.1.1):

ТП\*\*\*, ТП\*\*\*.1, ТП\*\*\*.2 – сторона 10(6) кВ, ТП без секцій і з 1-ю і 2-ю секціями шин;  
ТП\*\*\*.Т1, ТП\*\*\*.Т2 – сторона (секції шин) 0.38 кВ або вводи трансформаторів Т1, Т2;  
ТП\*\*\*.Л1, ТП\*\*\*.Л2 – фідери 0.38 кВ;  
ТП\*\*\*.Л\*\*.1, ТП\*\*\*.Л\*\*.2 – нумерація опор фідера 0.38 кВ.

Подальша робота з форматами розрахункових схем виконується в задачах "**Z-режим**", "**КВАРЕМ**", "**Трифазні С.К.З.**" комплексу РАОТВ.

Формування схеми виконується шляхом вибору пункту меню "**Схема**" → "**Формування схеми**" або натисненням кнопки  на панелі керування. При цьому з'являється вікно налаштувань формування розрахункової схеми:



"**Файл схеми**" – назва файлів схеми (\*.UZL, \*.VET, \*.PL), на цей час поле не редагується, а назва файлів співпадає з назвою вихідних файлів бази РЕМ (крім використання опції "СНР" (схема нормального режиму), яка додає до назви файла запис "СНР");

"Вибір фідерів підстанцій" – опція формування розрахункової схеми лише з фідерами вибраними з відповідного списку;

"Np →" – розповсюдження номеру району, що заданий для однієї лінії (як правило, на початку фідера) у форматі **ліній 10(6) кВ** або у форматі **схем ліній 0.38 кВ**, на всі вітки, що живляться від цієї лінії. Опція корисна для оцінки результатів розрахунків (наприклад, втрат потужності або електроенергії) за окремими фідерами 10(6) або 0.38 кВ;

"Схема для розрахунків ЕЕРП" – опція формування схеми для розрахунків ЕЕРП в задачі "КВАРЕМ". Схема збирається без трансформаторів 10(6)/0.38 кВ і ліній 0.38 кВ (номінальні потужності трансформаторів використовуються для розрахунку навантажень на стороні 10(6) кВ ТП, РП за середнім коефіцієнтом навантажень і середнім tgφ), середній коефіцієнт завантаження встановлюється – **20%**, а середній tgφ – **0.5**;

"СНР" – схема нормального режиму: конфігурація схеми (комутація віток) буде відповідати колонці комутації нормальної схеми "к(н)" замість звичайної колонки комутації "к" у форматі **ліній 10(6) кВ**. До назви файлів схеми буде додано запис "СНР";

"Середній коеф. завантаження" – коефіцієнт, що використовується для розрахунку навантажень ТП, РП за їх номінальними потужностями трансформаторів 10(6)/0.38 кВ ТП, РП. При вимкненій опції "Схема для розрахунків ЕЕРП" використовується тільки для ТП, де не задані індивідуальні виміри (колонка "Т" (тип виміру) формату **тр-рів ТП, РП** не задана), або для всіх ТП при включеній опції "Схема для розрахунків ЕЕРП";

"Середній tgφ ТП, РП" – середній тангенс навантаження, використовується разом із "Середнім коеф. завантаження", а також у вимірах, де використовується tgφ, але значення якого не задано (дорівнює нулю), наприклад, у типах вимірів "Р, tg", "І, tg", "WP, tg" (типи вимірів "Т" = 2, 3, 5 у форматах **тр-рів ТП, РП, ліній (схем ліній) 0.38 кВ**, введів і фідерів підстанцій);

"Тр-ри 10(6)/0.4 кВ", "Лінії 0.4 кВ" – опції включення до розрахункової схеми трансформаторів 10(6)/0.38 кВ та ліній 0.38 кВ (ці опції автоматично приймаються відключеними при включеній опції "Схема для розрахунків ЕЕРП");

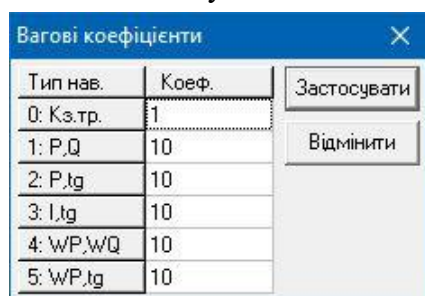
"Навантаж. пропорційно N приєднань" – опція стосується формування навантажень поопорних схем ліній 0.38 кВ. При включеній опції виконується розподіл сумарного навантаження із формату **ліній 0.4 кВ** на окремі опори формату **схеми ліній 0.4 кВ** пропорційно кількості приєднань споживачів, що задано в колонках "Nп1", "Nп3" (кількість однофазних і трифазних приєднань);

"Генерація пропорційно Рвст" – опція стосується формування навантажень поопорних схем ліній 0.38 кВ. При включеній опції виконується розподіл сумарної генерації із формату **ліній 0.4 кВ** на окремі опори формату **схеми ліній 0.4 кВ**, де наявна розподілена генерація, пропорційно встановленій потужності генераторних пристроїв, що задано в колонці "Рвст";

"S → Z" – опція стосується ліній 0.38 кВ, що представлені трифазною схемою з нульовим проводом. При включеній опції фазні навантаження Р, Q перераховуються в еквівалентні опори Z між точками підключення фазного навантаження і нульовим проводом;

"Перевірка наявності тр-ра за назвами" – опція перевірки наявності трансформатора у таблиці **тр-рів ТП, РП** для всіх підстанцій із заданими префіксами (наприклад, "ТП", "КТП", "ЗТП", "МТП", "РП" та ін.) наявними у таблиці **ліній 10(6) кВ**;

Кнопка "Вагові коефіцієнти навантаження ТП, РП" показує вікно, в якому визначається достовірність різних способів задання навантажень. Вагові коефіцієнти визначають ступінь зміни навантаження вузла (Рнав, Qнав, Рген, Qген) при їх балансуванні за



Тип нав.	Коеф.
0: Кз.тр.	1
1: Р,Q	10
2: Р,tg	10
3: І,tg	10
4: WP,WQ	10
5: WP,tg	10

вимірами на фідерах або вводах живлячих підстанцій. Чим вищий коефіцієнт, тим достовірнішими вважаються дані вимірювань, і, відповідно, піддаються меншій зміні при балансуванні. Наприклад, у наведеному вікні задання вагових коефіцієнтів вимірювання за типами 1–5 (Коеф. = 10) вважаються на порядок достовірнішими і будуть балансуватися меншою мірою, ніж навантаження, розраховані за середнім коефіцієнтом завантаження трансформаторів (Коеф. = 1) у співвідношенні 1:10.

Після формування розрахункової схеми в нижній частині головного вікна виводяться результати – помилки, повідомлення та статистичні дані по схемі:

[Формування схеми]

[Контроль конфігурації]

<<<<< Імпорт даних завершено >>>>>

Вузлів = 139

Віток = 145

Вузлів БП = 3

У розділі [Формування схеми] виводяться помилки введення даних, наприклад:

**Лінії 10(6) кВ, рядок 123: Некоректний запис лінії: відсутній "\*" – таблиця ліній 10(6) кВ, рядок 123, у колонці "Параметри лінії" пропущено символ "\*".**

**Лінії 10(6) кВ: Некоректний запис довжини лінії: ... – невірно задана довжина лінії в колонці "Параметри лінії".**

**Лінії 10(6) кВ: Невірно задана марка: ... – неправильно задана марка лінії у колонці "Параметри лінії".**

**Лінії 10(6) кВ: Марка ... не знайдена в каталозі марок КЛ, ПЛ – необхідно переконатися, що марка наявна у каталозі марок КЛ, ПЛ. Програма виконує пошук марки лінії в каталозі за її позначенням (ААБЛУ, ААШВ, АСБГ), якщо марка не знайдена, то можна виконати повторний пошук за позначенням, урізаним до трьох символів (ААБ, ААШ, АСБ). Опція повторного пошуку за урізаним позначенням марки лінії задається у файлі **vk\_raotp.ini** у розділі [Export], позиція **CutMark = 1** (виконувати повторний пошук), **CutMark = 0** (не виконувати).**

**Лінії 10(6) кВ: Дублювання вітки – лінія вже була описана вище, тому не включається до схеми. Якщо це паралельна лінія, то потрібно задати номери паралельних ліній в колонці "Nл".**

**Лінії 10(6) кВ: Не вказано початок (кінець) лінії – не задані колонки "Початок" або "Кінець".**

**Лінії 10(6) кВ: Не задано Un (початок, кінець) – не визначено номінальну напругу на початку або в кінці лінії. Номінальна напруга зазвичай задається один раз у голові лінії. Помилка може виникати при непослідовному описі фрагментів різних ліній.**

**Лінії 10(6) кВ: Неспівпадіння Un (початок, кінець) – вузол на початку (кінці) лінії описано в таблиці вище з іншою номінальною напругою.**

**Лінії 10(6) кВ: Співпадіння початку і кінця вітки – опис початку і кінця лінії співпадають.**

**Трансформатори ТП,РП, рядок 123: Марка ... в каталозі трансформаторів не знайдена – таблиця трансформаторів ТП, РП, необхідно переконатися, що марка трансформатора в рядку 123 наявна у каталозі двообмоткових трансформаторів.**

**Трансформатори ТП,РП: Невірно задана марка тр-ра – двообмотковий трансформатор повинен включати марку, потужність, напруги обмоток ВН, НН, наприклад, ТМ-630/10/0.4).**

**Трансформатори ТП, РП: Не задано номер трансформатора – не вказано номер трансформатора у колонці "N тр".**

**Трансформатори ТП, РП: Дублювання номеру трансформатора – номер трансформатора для заданого ТП повторюється.**

**Трансформатори ТП, РП: ТП-123 відсутнє в таблиці ліній 10(6) кВ – вузол ТП-251 не заданий в таблиці ліній 10(6) кВ.**

**Трансформатори ТП, РП: Неспівпадіння Un (сторона ВН, сторона НН) – номінальна напруга трансформатора не збігається з номінальною напругою вузла в таблиці ліній.**

**Трансформатори ТП,РП: помилка розрахунку Kтр – невіро задано номер відгалуження тр-ра в колонці "Nвідг". Помилка може виникати, якщо заданий номер відгалуження перевищує сумарну кількість відгалужень тр-ра.**

**Лінії 0.4 кВ, рядок 123: ... – таблиця ліній 0.4 кВ, рядок 123, помилки аналогічні лініям 10(6) кВ.**



**Фідери п/ст, рядок 123: Ф-12 відсутній в таблиці ліній 10(6) кВ** – таблиця фідерів п/ст, рядок 123, вузол "Ф-12" відсутній в таблиці ліній.

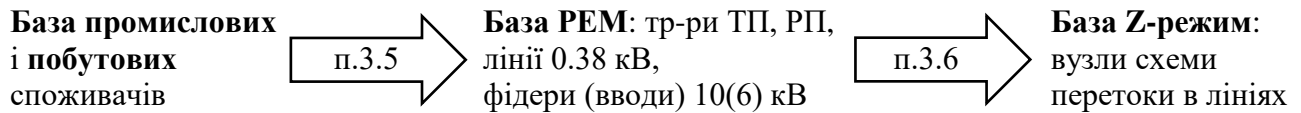
**Вводи п/ст, рядок 123: Північна.1.10 відсутній в таблиці ліній 10(6) кВ** – таблиця вводів п/ст, рядок 123, живляча підстанція Північна.1.10 не задана в таблиці ліній.

У секції [**Контроль конфігурації**] виводиться інформація про наявність вузлів без живлення та замкнених контурів у схемі.

Нижче виводиться статистична інформація щодо кількості вузлів, віток та балансуючих пунктів (БП) у результируючій розрахунковій схемі.

### 3.7. Аналіз розподілу навантажень

При формуванні завантаження ТП, РП (п.3.5) і формуванні схеми (п.3.6) дані щодо обсягів електроенергії проходять наступний процес перекачки між табличними форматами:



При цьому необхідний **контроль сумарних обсягів електроенергії**, оскільки не всі елементи бази REM можуть бути включені до розрахункової схеми, наприклад, через невключення ліній 0.38 кВ при встановленні обліку на стороні ВН трансформатора 10(6)/0.38 кВ. Також в базі REM можливий ручний ввід даних щодо генерації ГЕС, СЕС, ВЕС і щодо безвартних споживачів (ознака "П" в колонці "Б" таблиць вводів або фідерів 10(6) кВ).

Операція виконується вибором меню "Абоненти" → "Аналіз розподілу навантаження". Приклад такого розподілу показано нижче:

#### База пром. і побут.

Всього споживання :	3 520 250 кВтг,	генерація :	550 000 кВтг
за лічильниками :	3 444 000 кВтг,	генерація :	550 000 кВтг
пром. абон. :	2 774 000 кВтг,	генерація :	550 000 кВтг
побут. абон. :	670 000 кВтг		
втрати в тр/лін :	76 250 кВтг		

#### База REM

тр-ри ТП, РП :	2 440 000 кВтг		
втрати в тр-рах :	46 500 кВтг		
лінії 0.4 кВ :	920 000 кВтг		
втрати в лініях :	29 750 кВтг		
фідери 10(6) кВ :	84 000 кВтг,	генерація :	550 000 кВтг
втрати (фідери) :	0 кВтг		

всього за лічильниками :	3 444 000 кВтг,	генерація :	550 000 кВтг
втрати в тр/лін :	76 250 кВтг		

Всього споживання :	3 520 250 кВтг,	генерація :	550 000 кВтг
---------------------	-----------------	-------------	--------------

<b>Небаланс :</b>	<b>0 кВтг</b>
-------------------	---------------

#### База REM (додано вручну)

тр-ри ТП, РП :	0 кВтг,	генерація :	300 000 кВтг
лінії 0.4 кВ :	0 кВтг		
фідери 10(6) кВ :	0 кВтг		
Всього в базі REM :	3 520 250 кВтг,	генерація :	850 000 кВтг

#### База Z-режим

вузли схеми :	3 444 000 кВтг,	генерація :	850 000 кВтг
перетоки в лін. :	0 кВтг		

всього за лічильниками :	3 444 000 кВтг,	генерація :	850 000 кВтг
втрати в тр/лін :	76 250 кВтг		

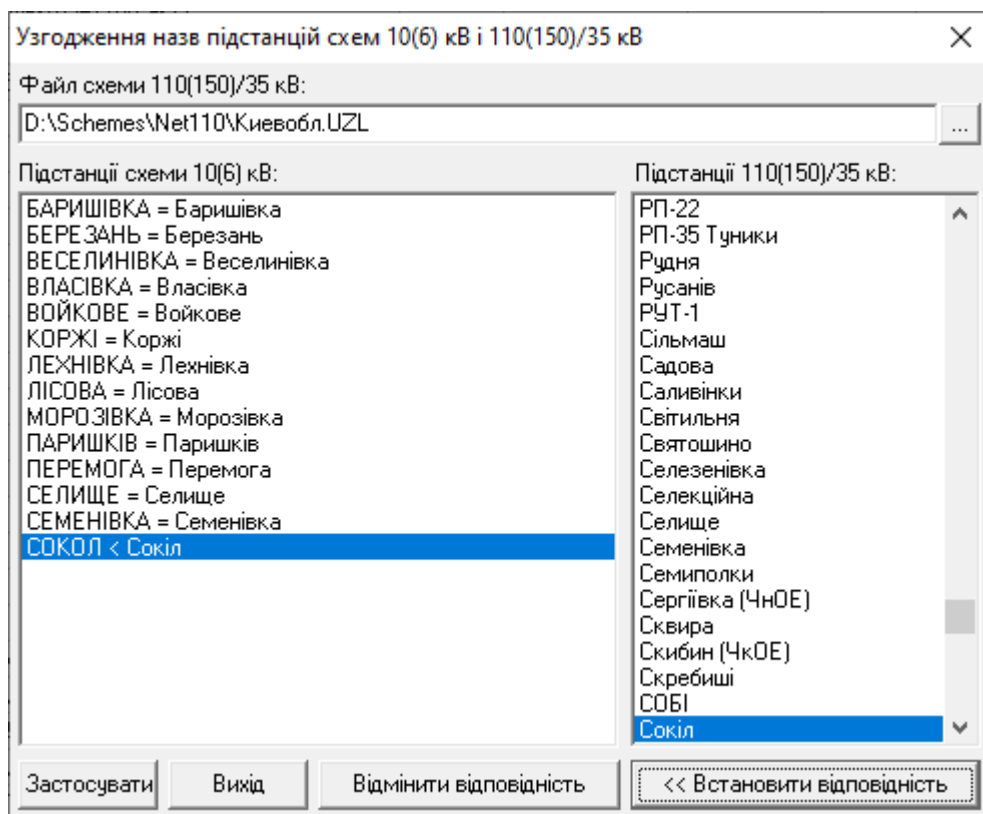
Всього споживання :	3 520 250 кВтг,	генерація :	850 000 кВтг
---------------------	-----------------	-------------	--------------

<b>Небаланс :</b>	<b>0 кВтг</b>
-------------------	---------------

У першій частині показано сумарні споживання (3 520 250 кВт·год, в т.ч. втрати – 76 250 кВт·год) та генерація (550 000 кВт·год) для лічильників, які **мають прив'язку** до схеми із баз **промислових** і **побутових** абонентів (наявність прив'язки обумовлюється заповненою колонкою "**Вузол схеми**" в обох базах). Ситуації з відсутньою або неправильною прив'язкою (колонка "**Вузол схеми**" не заповнена) або від'ємними обсягами електронергії користувач повинен вирішити на етапі формування завантаження ТП, РП (п.3.5). У другій частині показано розподіл споживання та втрат за таблицями тр-рів ТП, РП, ліній 0.4 кВ та фідерів 10(6) кВ бази РЕМ. **Небаланс** із першою частиною **дорівнює нулю**, тобто, сумарне споживання та генерація збігаються. У третій частині вказується значення споживання та генерації бази РЕМ, **доданих вручну** (у нашому випадку лише генерація 300 000 кВт·год). В останній частині показані значення споживання та генерації, які мають бути отримані при складанні балансу за всією схемою по **базі Z-режим** (вузли схеми і перетоки в лініях). Наявність **небалансу** в другій або четвертій частинах вказує на **втрату інформації** під час запису даних до бази РЕМ або бази розрахункової схеми (Z-режим).

### 3.8. Порівняння підстанцій 10 ↔ 110 кВ

При формуванні розрахункових схем РЕМ для задачі "КВАРЕМ" необхідно дотримуватись однакової ідентифікації секцій шин 10(6) кВ живлячих підстанцій 110(150)/35 кВ. Перевірка ідентичності назв підстанцій виконується шляхом вибору пункту меню "**Схема**" → "**Порівняння п/ст 10 ↔ 110 кВ**", при цьому з'являється вікно:




В поле "**Файл схеми 110(150)/35 кВ**" за допомогою кнопки "..." необхідно вибрати відповідну схему, перелік вузлів якої з'явиться правому списку "**Підстанції 110(150)/35 кВ**". У лівому списку "**Підстанції схеми 10(6) кВ**" завантажуються всі живлячі підстанції поточної схеми РЕМ. Після вибору схеми 110(150)/35 кВ у списку "**Підстанції схеми 10(6) кВ**" навпроти кожної назви підстанції з'явиться знак "=" і назва підстанції із схеми 110(150)/35 кВ при співпадінні таких назв. Якщо співпадіння нема, то потрібно встановити маркер на цю підстанцію, потім візуально знайти відповідну підстанцію у списку "**Підстанції 110(150)/35 кВ**", натиснути кнопку "**<< Встановити відповідність**" – при цьому в списку "**Підстанції схеми 10(6) кВ**" навпроти старої назви ставиться знак "<" (заміна) і нова назва підстанції. Такі операції потрібно зробити з усіма назвами, що не відповідають назвам підстанцій із списку "**Підстанції 110(150)/35 кВ**". Для зміни цих назв у форматі **ліній 10(6) кВ** необхідно натиснути кнопку "**Застосувати**".

## 4. Задача "Z-режим"

Ця задача містить основний функціонал комплексу РАОТВ, що відповідає його назві – розрахунок, аналіз і оптимізація технологічних втрат. В назві задачі літера "Z" означає, що математичний апарат комплексу базується саме на матрицях опорів (Z) – моделі розімкненої мережі (формально матриця Z розімкненої мережі) і матриці Z контурних опорів. Математичний апарат дозволяє виконувати розрахунки ustalених режимів мереж 0.38 – 750 кВ за уніфікованими даними вузлів і віток схеми.

Головне меню задачі "Z-режим" складається з наступних пунктів:

Пункти меню	Панель керування	Коментар
<b>Схема:</b> Створити Завантажити Зберегти Зберегти як Друк Імпорт ЦДУ Експорт ЦДУ Вихід	  	- створення схеми (файли *.UZL, *.VET); - завантаження схеми; - збереження поточної таблиці; - збереження схеми під іншим ім'ям; - друк поточної таблиці; - імпорт даних із файлу формату ЦДУ; - експорт даних у файл формату ЦДУ; - вихід із задачі "Z-режим";
<b>Дані:</b> Вузли схеми Вітки схеми Перетоки в лініях Райони схеми Журнал переключень Реконфігурація схеми Тест переключень	<b>uzl</b> <b>vet</b>	- таблиця вузлів схеми, файл *.UZL; - таблиця віток схеми, файл *. VET; - таблиця заданих перетоків у лініях, файл *.PL; - назви районів схеми; - таблиця переключень за розрахунковий період, файл *.SWT; - зміна конфігурації схеми за даними журналу переключень; - аналіз переключень за період (відхилення від нормальної схеми – вузли без живлення, замкнені контури, тривалість);
<b>Контроль схеми:</b> Аналіз конфігурації Вузли без живлення Замкнені контури Перелік підстанцій Перерахунок R,X		- аналіз поточної конфігурації, формування списків вузлів без живлення та замкнених контурів; - список вузлів без живлення; - список замкнених контурів; - список усіх підстанцій поточної схеми; - перерахунок параметрів віток (R, X, G, B) за марками ліній і трансформаторів (доцільно при зміні довідникових даних);
<b>Режим:</b> Розрахунок режиму схеми Балансування схеми Напруги вузлів Завантаження ліній Завантаження тр-рів Втрати в лініях Втрати в тр-рах Втрати в схемі Загальні характеристики	  <b>U</b> <b>I<sub>л</sub></b> <b>S<sub>т</sub></b>  <b>ΔП</b>	- розрахунок ustalеного режиму схеми; - балансування навантажень вузлів за вимірами на лініях; - таблиця розрахункових напруг; - таблиця струмозподілу в лініях; - таблиця поточкорозподілу в трансформаторах; - таблиця втрат потужності в лініях; - таблиця втрат потужності в трансформаторах; - ранжування втрат потужності за обладнанням, класами напруг, балансною приналежністю та ін.; - загальні характеристики режиму (сумарні споживання, генерація, балансна потужність, втрати тощо);
<b>Графіка схеми:</b>		- панель управління графіки схеми;
<b>Втрати енергії:</b> Розрахунок TBE Розрахунок втрат Втрати в лініях Втрати в тр-рах Завантаження ліній Завантаження тр-рів Споживання у вузлах	<b>TBE</b>  <b>W<sub>л</sub></b> <b>W<sub>т</sub></b>	- розрахунок технологічних витрат електроенергії (TBE); - розрахунок технічної складової втрат електроенергії; - таблиця втрат електроенергії в лініях; - таблиця втрат електроенергії в трансформаторах; - таблиця поточкорозподілу електроенергії в лініях; - таблиця поточкорозподілу електроенергії в трансформаторах; - розрахункове споживання (генерація) e/e у вузлах схеми;


Втрати в схемі Звіт за втратами Загальні характеристики Контрольні повідомлення	<b>ΔП</b>	- ранжування втрат електроенергії за обладнанням, класами напруг, балансною приналежністю та ін.; - виведення звіту по втратах електроенергії у документ Word; - загальні характеристики розрахунку втрат електроенергії (сумарні споживання, генерація, балансна потужність, втрати тощо); - список повідомлень про порушення меж по напрузі, струмах, потужностях за перетинами графіків навантажень;
<b>Баланси електроенергії:</b>		- панель управління для складання балансів електроенергії;
<b>Оптимізація:</b> Місця розривів Трансформатори Реактив. потужності Вкл. тр-ри (Т1, Т2) Місця реклоузерів		- оптимізація місць розривів; - оптимізація коефіцієнтів трансформації; - оптимізація реактивних потужностей; - оптимізація режиму роботи двотрансформаторних п/ст; - оптимізація місць встановлення реклоузерів;
<b>Задачі:</b> Розрахунок ЕЕРП вузлів Відомість ЕЕРП Д1 Розрах. за коеф. суміщ. Розрахунок ємнісних струмів Ємнісні струми БП Ємнісні струми РП Перенесення номерів районів (uzl -> vet) Виділення фрагменту графіки схеми Стикування схем за балансуєчими вузлами		- розрахунок економічних еквівалентів реактивної потужності (ЕЕРП) для всіх вузлів схеми; - формування відомості розрахункових значень ЕЕРП в документ Word; - розрахунок усталеного режиму з врахуванням коефіцієнтів суміщення максимальних навантажень; - розрахунок ємнісних струмів; - результуюча таблиця ємнісних струмів по балансуєчих пунктах; - результуюча таблиця ємнісних струмів по розподільчих підстанціях; - перенесення номерів районів із таблиці вузлів у таблицю віток за умови, якщо вузли початку і кінця вітки мають однаковий номер району - еквівалентне за напрутами вулів і потоками потужності віток виділення графічного фрагменту схеми в окремі файли; - стикування схеми1 і схеми2 за балансуєчими пунктами схеми2, пошук вузла у схемі1 виконується за назвою БП
<b>Каталоги:</b> Кабельні, повітряні лінії Двообмоткові тр-ри Триобмоткові тр-ри Розщеплені тр-ри Струмообмеж. реактори Комутаційні апарати Двообмоткові тр-ри (п.д.) Триобмоткові тр-ри (п.д.) Розщеплені тр-ри (п.д.) Струмообм. реактори (п.д.) Номінальні напруги Статичні характ. навантаж. Графіки навантажень		- погонні параметри кабельних і повітряних ліній (п.1.7.1); - довідникові дані двообмоткових трансформаторів (п.1.7.2); - довідникові дані триобмоткових трансформаторів (п.1.7.3); - довідникові дані тр-рів з розщепленою обмоткою НН (п.1.7.4); - довідникові дані струмообмежувальних реакторів (п.1.7.5); - довідникові дані комутаційних апаратів (п.1.7.6); - паспортні дані двообмоткових тр-рів поточної схеми; - паспортні дані триобмоткових тр-рів поточної схеми; - паспортні дані розщеплених тр-рів поточної схеми; - паспортні дані струмообмежувальних реакторів поточної схеми; - номінальні напруги та їх контрольні межі (п.1.7.7); - коефіцієнти статичних характеристик навантаження (п.1.7.8); - база графіків навантажень (п.1.7.9).


У нижній частині головного вікна програми виводиться підказка по роботі з функціональними клавішами при редагуванні таблиць (клавіші F2..F8 – п.1.6.1), характеристики схеми (кількість вузлів, віток, балансуєчих пунктів (БП), вузлів із фіксацією модуля напруги (ФМ), вузлів без живлення, замкнених контурів), характеристики режиму (індикатори "U-" – наявність занижених рівнів напруг, "U+" – наявність завищених рівнів напруг, "Iл" – перевищення допустимих струмів ліній, "St" – перевищення допустимих перетоків трансформаторів), а також підказка щодо формату даних для поточної колонки таблиці:

F2 зберегти	F3 пошук	F4 ред/перег	F5 копії блок	F6 вст блок	F7 вст рядок	F8 видал рядка
Вузлів: 209	Віток: 233	БП: 6	ФМ: 0	Без живлення: 0	Контурів: 0	U- U+ Iл St Активне навантаження [МВт]


## 4.1. Створення, редагування і копіювання схеми

Для створення файлів розрахункової схеми потрібно вибрати пункт меню "Схема" → "Створити". У стандартному діалоговому вікні необхідно набрати ім'я файлу та натиснути кнопку "Відкрити", при цьому на диску створюються файли із вказаним ім'ям та розширеннями \*.UZL, \*.VET.

Для відкриття збережених файлів розрахункової схеми потрібно вибрати пункт меню "Схема" → "Завантажити" (кнопка  на панелі керування). У стандартному діалоговому вікні необхідно вибрати потрібний файл і натиснути кнопку "Відкрити". Після завантаження на екрані відобразиться таблиця вузлів схеми. Перехід між таблицями здійснюється за допомогою пунктів меню "Дані" ("Вузли схеми", "Вітки схеми", "Перетоки в лініях", "Райони схеми") або відповідними кнопками на панелі керування ("uzl", "vet", "->-").

Збереження поточної таблиці виконується за допомогою пункту меню "Схема" → "Зберегти", кнопки  на панелі керування, функціональної клавіші F2 або комбінації клавіш "Ctrl+S".

Для копіювання файлів схеми потрібно вибрати пункт меню "Схема" → "Зберегти як". У стандартному діалоговому вікні необхідно набрати нове ім'я файлу та натиснути кнопку "Зберегти".

Виведення на друк поточної таблиці здійснюється вибором пункту меню "Схема" → "Друк" або натисканням кнопки  на панелі керування (п.1.8).

Формати таблиць даних представлені нижче.

### 4.1.1. Вузли схеми

Таблиця вузлів схеми вибирається пунктом меню "Дані" → "Вузли схеми" або кнопкою "uzl" на панелі керування і зберігається у файлі \*.UZL. Склад колонок таблиці:

Колонка	Опис
№р	користувальницький номер району;
N вузла	номер вузла;
Позначення	текстове позначення вузла;
П	ознаки: "b" – балансуєчий пункт (БП), "u" – вузол з фіксацією модуля напруги (ФМ), "+", "-" – прийом, видача електроенергії у вузлі;
В	ознака вершини: "1" – вершина схеми загалом, "2" – вершина схеми підстанції;
Рнав, Qнав, Рген, Qген	активне і реактивне навантаження та генерація у вузлі [МВт, МВАр];
Qmin, Qmax	нижня і верхня межа генерації реактивної потужності у вузлах ФМ [МВАр];
Gш, Bш	активна і реактивна провідність шунта у вузлі [мкСм];
Ng(Рн), Ng(Qн), Ng(Рг), Ng(Qг)	номери графіків навантаження та генерації (обирається клавішею "Insert");
I' нав, I' ген, I' нав, I' ген	активні і реактивні струми навантаження та генерації [кА];
WRспож, WQспож, WRген, WQген	активне і реактивне споживання та генерація електроенергії [кВт·год, кВАр·год];
WRпром, WQпром, WRпобут, WQпобут	споживання активної і реактивної електроенергії промисловими і побутовими споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
dWP, dWQ	втрати активної і реактивної електроенергії в мережі споживача [кВт·год], [кВАр·год];
Nп	кількість приєднаних споживачів;
Троб	число робочих годин за розрахунковий період [год];
Uc.x., Uc.x.	номер та початкова напруга статичної характеристики навантаження вузла [кВ];
Um	номінальна (задана для БП або ФМ) напруга вузла [кВ];
Ng (Um)	номер графіка модуля напруги (обирається клавішею "Insert")
Uрозр	модуль розрахункової напруги вузла [кВ];
Кут	розрахунковий кут напруги вузла [град];
Ррозр, Qрозр	розрахункова активна і реактивна потужність вузла: Ррозр = Рнав - Рген [МВт], Qрозр = Qнав - Qген [МВАр];
ЕЕРП	розрахунковий економічний еквівалент реактивної потужності: ЕЕРП = d(ΔP)/dQ;
ЕЕАП	розрахунковий економічний еквівалент активної потужності: ЕЕАП = d(ΔP)/dP;
Існ	сумарний ємнісний струм вузла [А];
Кв(S), Кв(U)	вагові коефіцієнти балансування відповідно за потужністю та за напругою;
N вузла ЕС	номер вузла енергосистеми;
Енергосистема	прив'язка до файла схеми енергосистеми для розрахунків ЕЕРП у задачі "КВАРЕМ";

<b>А</b>	ознака приналежності: " " – основні мережі, "А" – абонентські, "Б" – безгоспні, "С" – сусідні;
<b>Приналеж.</b>	балансна приналежність вузла (довільний текст);
<b>Прим.</b>	текстова примітка;
<b>Сном</b>	номінальні потужності тр-рів ТП,РП;
<b>Колір</b>	індивідуальне забарвлення вузла на графічній схемі.

Номер району (колонка "Nr") зазвичай заповнюється для груп вузлів за якими потрібно отримати сумарні значення навантаження та генерації. У колонці "N вузла" задається номер вузла, у колонці "Позначення" – текстове позначення вузла. Текстове позначення є довільним, проте, для коректного відображення автоматичної графіки схеми необхідно, аби позначення було унікальним для кожного вузла і містило три складові з роздільником ".":

### **Підстанція.Номер секції(тр-ра).Номінальна напруга**

де

**Підстанція** – текстове позначення підстанції без символів ".";

**Номер секції(тр-ра)** – номери секцій шин 1, 2, 3, ... або тр-рів Т1, Т2, Т3, ...;

**Номінальна напруга** – 04, 6, 10, 27, 35, ..., для мереж РЕМ 10(6) кВ номінальна напруга необов'язкова.

Наприклад:

Північна.1.110 – перша секція шин 110 кВ підстанції Північна;

Північна.Т1.10 – ввід 10 кВ трансформатора Т1;

Північна.\*Т1 – середня точка триобмоткового трансформатора Т1.

У схемі може бути декілька балансуєчих за потужністю вузлів – для них повинні бути задані ознаки "b" в колонці "П" і модулі та кути напруги в колонках "Um", "Kut". Для вузлів із фіксацією модуля повинні бути задані ознаки "u" в колонці "П" і модулі напруги у колонці "Um". Для решти вузлів у колонці "Um" вказується номінальна напруга. Якщо колонка "Um" не заповнена, вона заповнюється номінальними напругами автоматично після виконання розрахунку режиму.

Навантаження вузлів може бути задане традиційно в МВт, МВАр – колонки "Pнав", "Qнав", "Pген", "Qген", або в кВт·год, кВАр·год – колонки "WРспож", "WQспож", "WРген", "WQген". Задання навантаження електроенергією має пріоритет над потужністю. В колонках "Ng(Pн)", "Ng(Qн)", "Ng(Pг)", "Ng(Qг)" можна вказати номери графіків навантаження та генерації. Номери графіків задаються вручну або обираються зі списку клавішею "Insert".

У колонках "I'нав", "I'нав", "I'ген", "I'ген" навантаження і генерація можуть бути також задані дійсними та уявними (активними та реактивними) складовими струму в кілоамперах. Вибір варіанту задання навантажень (потужності або струми) здійснюється у вікні задачі розрахунку режиму.

Номер статичної характеристики (колонка "Nc.x.") встановлюється вручну і має відповідати номеру в каталозі статичних характеристик. Напруги статичних характеристик в колонці "Uc.x.", як правило, заповнюються номінальними значеннями.

Колонки "Pрозр", "Qрозр" містять розрахункову потужність, яка може відрізнитися від вихідної при заданні статичних характеристик навантажень, в результаті балансування потужностей, при перерахунку електроенергії в потужність тощо. Ці колонки також заповнюються балансною потужністю для балансуєчих вузлів та вузлів з фіксацією модуля, знак "+" відповідає навантаженню, знак "-" – генерації у вузлі.

Вагові коефіцієнти в колонках "Kв(S)", "Kв(U)" застосовуються при балансуванні навантажень за вимірами у лініях Чим менш достовірні дані, тим меншим має бути ваговий коефіцієнт.

Колонки "N вузла ЕС" та "Енергосистема" заповнюються в процесі підготовки схем 110(150)/35 кВ до розрахунків ЕЕРП у задачі "КВАРЕМ".

У колонці "Колір" зберігається обраний на автоматичній графіці схеми колір вузла.

*Для зручності роботи користувач самостійно визначає склад видимих колонок формату вузлів схеми за допомогою контекстного меню (п.1.6.2, пункт "Властивості таблиці").*

#### 4.1.2. Вітки схеми

Таблиця віток схеми вибирається пунктом меню "Дані" → "Вітки схеми" або кнопкою "vet" на панелі керування і зберігається у файлі \*.VET. Склад колонок таблиці:

Колонка	Опис
<b>№р</b>	номер району;
<b>Зф</b>	ознака трифазної мережі - цифра "3";
<b>№ поч., № кін.</b>	номери початку та кінця вітки;
<b>№л</b>	номер паралельної лінії;
<b>Початок, Кінець</b>	текстові позначення вузлів початку та кінця вітки;
<b>к</b>	ознака комутації вітки: "К" – відключена з кінця, "Н" – відключена з початку, "О" – відключена з двох сторін, "Ф" – фіксовано відключена з кінця, "П" – пошкоджена;
<b>к(н)</b>	комутація за нормальною схемою;
<b>R, X, G, B</b>	активний, реактивний опір [Ом], активна, реактивна провідність вітки [мкСм];
<b>Кт', Кт"</b>	дійсна та уявна складові коефіцієнту трансформації;
<b>№г(Кт'), №г(Кт")</b>	номери графіків зміни Кт', Кт";
<b>Кт ном</b>	коефіцієнт трансформації, що відповідає номінальному положенню відгалужень ПБЗ/РПН;
<b>Ксум.</b>	коефіцієнт суміщення навантажень для розімкнених мереж;
<b>Вл</b>	ймовірність пошкодження лінії (за замовчуванням $V_l = 1$ );
<b>S доп, I доп</b>	допустимий переток потужності [МВА], допустимий струм вітки [А];
<b>I мод, Фаза</b>	модуль і фаза (кут) розрахункового струму вітки [А], [град];
<b>U1, Ф1, U2, Ф2</b>	розрахункові модулі та кути напруги на початку та в кінці вітки;
<b>Г', Г"</b>	активна і реактивна (дійсна та уявна) складові розрахункового струму вітки [кА];
<b>Іемн1, Іемн2</b>	ємнісний струм на початку і в кінці вітки [А];
<b>Дис.номер</b>	диспетчерське позначення лінії/трансформатора/реактора;
<b>Ул</b>	номінальна напруга вітки, для трансформатора – напруга високої сторони;
<b>Тип</b>	тип обладнання: <b>LN</b> – лінія, <b>T2</b> – двообмотковий тр-тор, <b>T3</b> – триобмотковий тр-тор, <b>TR</b> – розщеплений тр-тор, <b>RT</b> – реактор;
<b>Марка</b>	марка обладнання вітки, за яким розраховано параметри R, X, G, B;
<b>Кнав</b>	коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження вздовж лінії 0.38 кВ;
<b>Кнес</b>	коефіцієнт, що враховує несиметрію струмів фаз і втрати в нульовому проводі 0.38 кВ;
<b>Кф^2</b>	квадрат коефіцієнта форми графіка навантажень;
<b>№відг', №відг"</b>	номери відгалуження ПБЗ/РПН або ТПР трансформатора;
<b>Регулювання</b>	параметри регулятора ПБЗ/РПН або ТПР трансформатора;
<b>А</b>	ознака приналежності: " " – основні мережі, "А" – абонентські, "Б" – безгоспні, "С" – сусідні;
<b>Приналеж.</b>	балансна приналежність (довільний текст);
<b>Ком.ап.поч., Ком.ап.кін.</b>	ознаки комутаційних апаратів: "-" – заборона, "В" – вимикач, "Р" – роз'єднувач, "Н" – вимикач навантаження, "R" - реклоузер, "D" - реклоузер двосторонній, "П" - запобіжник;
<b>Прим.</b>	текстова примітка;
<b>Колір, Товщ.лінії</b>	індивідуальні колір і товщина вітки (у пікселях) на графічній схемі.

Колонка "№р" (номер району) заповнюється для груп віток, за якими необхідно визначити сумарні втрати потужності/електроенергії. Колонка може заповнюватись автоматично за даними формату **вузлів схеми** вибором меню: "Задачі" → "Перенесення номерів районів (uzl -> vet)".

Колонки "Зф", "Кнав", "Кнес", "Кф^2" стосуються ліній 0.38 кВ і заповнюються автоматично при формуванні схеми в "Базі РЕМ".

В колонках "№поч.", "№кін." вказуються номери початку та кінця вітки. Колонки "Початок", "Кінець" заповнюються автоматично із формату **вузлів схеми**.

Ознака "Ф" (фіксоване відключення з кінця вітки) у колонці комутації "к" має той же сенс що і ознака "К", і використовується для задачі оптимізації місць розривів (фіксований розрив не може змінювати своє положення). Ознака "П" (пошкодження) має той же сенс що і ознака "О" (відключення з двох сторін), але має інше зображення на графіці схеми (зелені прямокутники з обох сторін лінії). Колонка "к(н)" використовується для позначення нормального розриву на графіці схеми (символ "Р" (розрив) біля зображення комутаційних апаратів).

Параметри вітки **R, X, G, B, Кт', Кт"** можна вносити вручну або за допомогою клавіші **F9** (п.1.6.1) вказуючи марки і довжини ліній, марки трансформаторів або реакторів, при цьому параметри вітки розраховуються за відповідними каталожними (довідниковими) даними. З використанням клавіші **F9** також автоматично заповнюються колонки "Кт ном", "Sдоп", "Iдоп", "Тип", "Марка", "№відг' ", "№відг" ", "Регулювання" (формат колонки "Регулювання" наведено у п.1.7.2, 1.7.3).

Колонки "Імод", "Фаза", "U1", "Ф1", "U2", "Ф2", "I' ", " I' " заповнюються автоматично після розрахунку усталеного режиму. Наявне дублювання результатів за розрахунковими струмами віток, при цьому значення Імод відображає фазний струм, а I', I' – лінійний струм в опорі вітки П- або Г-подібних схем заміщення (для розрахунку завантаження лінії краще користуватись Імод, а для контрольних розрахунків – I', I'). Зауважимо, що для розрахунку струмів на початку і в кінці вітки необхідно враховувати струми у провідностях П- або Г-подібних схем заміщення.

У колонці "Дис.номер" вказуються диспетчерські номери ліній і трансформаторів, При формуванні схеми із "Бази РЕМ" ця колонка формується автоматично. Колонка "Ул" задається вручну або заповнюється автоматично після розрахунку режиму. В колонках "Ком.ап.нач." і "Ком.ап.кін." задається марка комутаційного апарату з довідника по клавіші "Insert" або символний тип, що має значення для відображення комутаційних апаратів на графіці схеми і для задачі оптимізації місць встановлення реклоузерів. Символ "-" означає заборону встановлення будь-якого комутаційного апарату, що має значення для задачі оптимізації місць розривів. У колонці "Колір" зберігається обраний на автоматичній графіці схеми колір вітки.

#### 4.1.3. Перетоки в лініях

Таблиця заданих перетоків у лініях вибирається пунктом меню "Дані" → "Перетоки в лініях" і зберігається у файлі \*.PL.

Склад колонок таблиці:

Колонка	Опис
<b>N поч, N кін</b>	номери початку та кінця вітки;
<b>Початок, Кінець</b>	текстові позначення вузлів початку та кінця вітки;
<b>Nл</b>	номер паралельної лінії;
<b>Позначення</b>	текстове позначення вітки;
<b>к/п</b>	місце встановлення виміру: <b>0</b> – в кінці вітки, <b>1</b> – на початку вітки;
<b>+/-</b>	ознака балансу в мережі: "+" – прийом у мережу, "-" – видача з мережі, "С" – власні потреби, "П" – безвартний корисний відпуск;
<b>Б</b>	ознака балансування перетікання по лінії: <b>0</b> – так, <b>1</b> – ні;
<b>Т</b>	тип задання навантаження: <b>1</b> – P/Q, <b>2</b> – P/tg; <b>3</b> – I/tg; <b>4</b> – WP/WQ; <b>5</b> – WP/tg;
<b>P→</b>	актив прийом: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
<b>Q→</b>	реактив прийом: потужність [кВАр], тангенс $\text{tg}(\varphi) = Q/P$ , електроенергія [кВАр·год];
<b>P←</b>	актив видача: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
<b>Q←</b>	реактив видача: потужність [кВАр], тангенс $\text{tg}(\varphi) = Q/P$ , електроенергія [кВАр·год];
<b>WPспож, WQспож, WPген, WQген</b>	споживання/генерація активної і реактивної електроенергії безвартними споживачами [кВт·год], [кВАр·год];
<b>dWP, dWQ</b>	розрах. втрати активної і реактивної електроенергії в мережі споживача [кВт·год], [кВАр·год];
<b>Nг(P→), Nг(Q→), Nг(P←), Nг(Q←)</b>	номери графіків активних і реактивних перетоків;
<b>Nгр</b>	номери груп вимірювань (найменування номерів груп задаються в таблиці "Райони схеми").
<b>Кв</b>	ваговий коефіцієнт балансування заданого перетоку;
<b>Рпоч →, Qпоч →, Рпоч ←, Qпоч ←</b>	початкові перетоки прийому і видачі активної та реактивної потужності: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];
<b>Рбал →, Qбал →, Рбал ←, Qбал ←</b>	збалансовані перетоки прийому і видачі активної та реактивної потужності: потужність [кВт], струм [А], електроенергія [кВт·год];

У таблицю вносяться вимірювання по лініях (потужності, струми, електроенергія). Колонки "Початок", "Кінець" заповнюються автоматично при збереженні файлу. В колонці "Позначення" можна вказати додаткову інформацію щодо вимірювання. Колонка "+/-" використовується для формування балансів електроенергії. Тип виміру вказується в колонці "Т". Номери добових графіків (колонки "Nг (...)") можна вибирати з каталогу по клавіші "Insert". У колонці "Nгр" задаються номери груп вимірів, розшифрування номерів задається в таблиці районів схеми (меню "Дані" → "Райони схеми"). В колонці "Б" відзначаються виміри, які братимуть участь у балансуванні навантажень, у колонці "Кв" можна задати вагові коефіцієнти достовірності вимірів: чим вищий коефіцієнт, тим вища достовірність виміру. Колонки "Рпоч", "Qпоч", "Рбал", "Qбал" заповнюються після виконання балансування відповідно початковими та збалансованими перетоками потужності/електроенергії.



#### 4.1.4. Райони схеми

Таблиця вибирається пунктом меню "Дані" → "Райони схеми" і зберігається у файлі \*.RSH. Даний формат призначений для текстового розшифрування номерів районів, заданих у форматах вузлів і віток схеми, або номерів груп вимірів, заданих у форматі перетоків у лініях.

Склад колонок:

Колонка	Опис
N района	порядковий номер району (групи);
Найменування района	довільний текст.

#### 4.1.5. Журнал переключень

Таблиця вибирається пунктом меню "Дані" → "Журнал переключень" або клавішами "Ctrl" + "G" і зберігається у файлі \*.SWT. Даний формат призначений для задання зміни комутацій ліній та трансформаторів за розрахунковий період і використовується у задачі розрахунку втрат електроенергії.

Склад колонок:

Колонка	Опис
Дата перекл.	дата переключення, наприклад, 20060601 - 2006 р., червень, 1 число;
Год	час переключення в діапазоні: 0..23 год;
Хв	хвилини переключення в діапазоні: 0..59 хв;
Дата перекл.	дата переключення (текстове позначення, формується автоматично);
д/п	стан: 0 - до зміни, 1 - після зміни;
Диспетчер	ПІБ диспетчера, що виконував переключення;
Примітка	довільна примітка щодо переключення: "аварія ...", "ремонт ...", "погашення ..." та ін.;
N поч., N кін.	номер початку і кінця вітки;
Nл	номер паралельної лінії;
Початок, Кінець	позначення початку вітки;
Фід.поч., Фід.кін.	позначення живлячого фідера 10(6) кВ зі сторони початку і кінця вітки;
к	ознака комутації вітки: "К" - відключення з кінця, "Н" - відключення з початку "О" - відключення з двох сторін, "Ф" - фіксоване відключення з кінця, "П" - пошкодження;
R, X, G, B	активний, реактивний опір [Ом], активна, реактивна провідність вітки [мкСм];
Кт', Кт"	дійсна та уявна складові коефіцієнту трансформації;
Кт ном	коефіцієнт трансформації, що відповідає номінальному положенню відгалужень ПБЗ/РПН;
S доп, I доп	допустимий переток потужності [МВА], допустимий струм вітки [А];
Дис.номер	диспетчерське позначення лінії/трансформатора/реактора;
Ул	номінальна напруга вітки, для трансформатора – напруга високої сторони;
Тип	тип обладнання: LN – лінія, T2 – двообмотковий тр-тор, T3 – триобмотковий тр-тор, TR – розщеплений тр-тор, RT – реактор;
Марка	марка обладнання вітки за яким розраховано параметри R, X, G, B;
Nвідг, Nтпр	номери відгалуження ПБЗ/РПН або ТПР трансформатора;
Регулювання	параметри регулятора ПБЗ/РПН або ТПР трансформатора;
Виконавець	ПІБ виконавця, що вводить дані у журнал переключень;
Час	час введення даних.

У колонки "Дата перекл.", "Год", "Хв" вказуються цілі числа, що позначають час переключення. Ці дані автоматично переводяться в текстовий формат для більш зручного сприйняття (четверта колонка "Дата перекл."). Кожне переключення фіксується двома записами: до переключення і після, що відображається ознаками "0" і "1" у колонці "д/п". Такий формат таблиці (два записи – "до" і "після") зроблено для можливості фіксації зміни не тільки комутації а також всього набору параметрів віток: (R, X, G, B, Кт', Кт", Кт ном, I доп, S доп, Дис.номер, Ул, Тип, Марка, Nвідг, Nтпр, Регулювання).

Колонки "Nпоч.", "Nкін.", "Nл" фактично є ідентифікатором лінії, колонки "Початок", "Кінець" заповнюються автоматично після збереження файлу. Колонки "Фід.поч.", "Фід.кін." заповнюються автоматично після розрахунку втрат електроенергії.

В колонках "Диспетчер", "Примітка", "Виконавець", "Час" в довільному вигляді фіксуються ПІБ диспетчера, текстова розшифровка події, ПІБ виконавця і час внесення даних у журнал переключень.

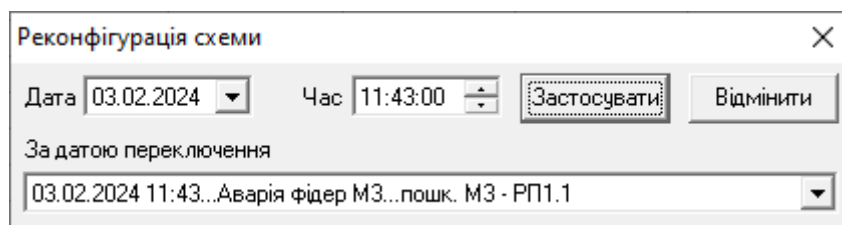
*Журнал переключень заповнюється автоматично при роботі із графікою схеми, але деякі корективи можна вносити вручну у табличному форматі.*

## 4.2. Реконфігурація схеми

Процес **реконфігурації схеми** безпосередньо пов'язаний із веденням **журналу переключень**, а в загальному випадку – із веденням схеми у **реальному часі**. Тобто схема вже не є сама по собі, а представляє собою зріз конфігурації і параметрів віток на конкретну часову відмітку. Відмітка часу записується у файл схеми з розширенням \*.INI в позицію "CurDateSwT=", при цьому до назви схеми у дужках додається часова відмітка, наприклад, "Схема (12.03.2024 11:31)", тобто файл "Схема" має конфігурацію на 12 березня 2024 року, на 11 год 31 хв.

Перехід від "просто" схеми до схеми з часовою відміткою відбувається двома способами: при введенні зміни на графіці схеми із записом у журнал переключень, або при виконанні реконфігурації схеми на визначену часову відмітку. Ведення схеми в режимі реального часу має свої переваги і недоліки: такий процес дозволяє виконувати розрахунки втрат з урахуванням всіх змін в схемі, які зафіксовані в журналі переключень за розрахунковий період. З іншого боку, слід мати на увазі, що ми маємо справу зі схемою на певний момент часу, а не з нормальною схемою. Звісно, в задачі "**База РЕМ**" можливо сформувати нормальну схему за умови заповнення колонки "**к(н)**" і встановлення опції "**СНР**" у вікні формування схеми (п.3.6) – при цьому у назві схеми замість відмітки часу буде додано запис "СНР".

Реконфігурація схеми у довільну часову мітку відбувається визовом меню "**Дані**" → "**Реконфігурація схеми**" або комбінацією клавіш "**Ctrl**"+"**К**":

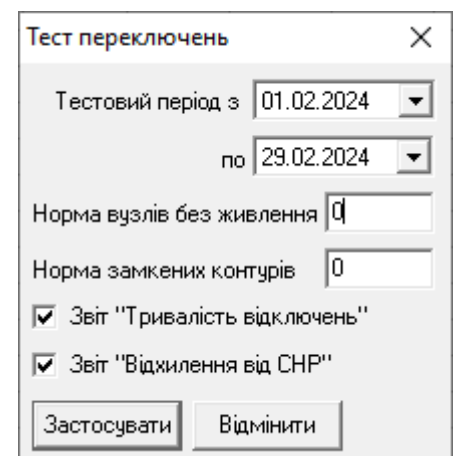


Часова мітка вибирається в полях "**Дата**" і "**Час**" або обирається за часовою міткою із журналу переключень зі списку "**За датою переключення**". Для переходу треба натиснути кнопку "**Застосувати**", при цьому зміна конфігурації відбувається не тільки у файлі розрахункової схеми (\*.VET), а також у файлах "**Бази РЕМ**" (\*.RSL, \*.RTP, \*.R04).

## 4.3. Тест переключень

При реконфігурації схеми в будь-яку часову мітку процес зміни параметрів відбувається послідовно від початкової до заданої мітки часу. При кожній зміні параметрів виконується контроль даних у **вітках схеми** і у **журналі переключень**. Невідповідність комутаційного стану, параметрів R, X, G, B, або марки обладнання вважається помилкою. Такі помилки можуть виникати при зміні параметрів без запису у журнал переключень або при помилці задання часової мітки. Перед розрахунком втрат за поточний розрахунковий період всі такі помилки повинні бути виправлені. Також необхідно виконати аналіз кількості і тривалості перебування окремих фрагментів мережі без живлення або перебування нормально розімкненої схеми у замкненому стані (вузли без живлення і замкнені контури).

Тест переключень виконується вибором пункту меню "**Дані**" → "**Тест переключень**" або комбінацією клавіш "**Ctrl**"+"**Т**". У вікні необхідно вказати початкову і кінцеву дати періоду, вказати "норми" вузлів без живлення і замкнених контурів, також можна встановити опції для формування звітів щодо тривалості відключень і відхилення від схеми нормального режиму, що виводяться у текстові файли із назвою схеми і відповідними назвами опцій із розширенням \*.THT. За наявності помилок необхідно їх виправити. За відсутності помилок необхідно виконати аналіз відхилень від нормальної схеми за кількістю вузлів без живлення і замкнених контурів, а також оцінити тривалість таких періодів.



Результати аналізу тесту переключень показуються в нижній частині основного вікна задачі "Z-режим". Приклад тесту переключень показано нижче:

Норма вузлів без живлення: 0  
Норма замкнених контурів : 1

Дата переключення	Вузлів без живлення	Замкнених контурів	Тривалість
01.02.2024 00:00	0 вузлів (0)	1 контурів (0)	59 год 43 хв
03.02.2024 11:43	18 вузлів (+18)	1 контурів (0)	1 год 25 хв
03.02.2024 13:08	0 вузлів (0)	1 контурів (0)	171 год 29 хв
10.02.2024 16:37	9 вузлів (+9)	1 контурів (0)	1 год 15 хв
10.02.2024 17:52	0 вузлів (0)	1 контурів (0)	72 год 40 хв
13.02.2024 18:32	37 вузлів (+37)	1 контурів (0)	27 год 38 хв
14.02.2024 22:10	0 вузлів (0)	1 контурів (0)	59 год 8 хв
17.02.2024 09:18	9 вузлів (+9)	1 контурів (0)	2 год 24 хв
17.02.2024 11:42	0 вузлів (0)	1 контурів (0)	155 год 9 хв
23.02.2024 22:51	16 вузлів (+16)	1 контурів (0)	18 год 28 хв
24.02.2024 17:19	0 вузлів (0)	1 контурів (0)	126 год 41 хв

З наведеного прикладу видно, що норма вузлів без живлення є "0" а замкнених контурів "1", далі наведено список всіх переключень в рамках заданого періоду. В колонці "Вузлів без живлення" наведено кількість таких вузлів при поточному переключенні, а в дужках – відхилення від норми. Наприклад, при переключенні "03.02.2024 11:43" (другий рядок) наявні 18 вузлів без живлення, відхилення від норми також складає "(+18)". В колонці "Замкнених контурів", аналогічно, наведено кількість і відхилення від норми таких контурів. В останній колонці наведено тривалість періодів між переключеннями.


#### 4.4. Контроль конфігурації схеми

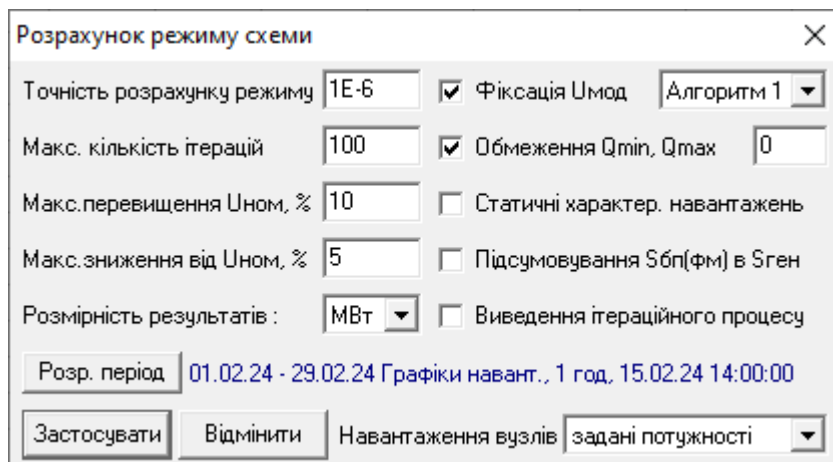
Функція контролю схеми полягає у формуванні списків вузлів без живлення і замкнених контурів, аналізуючи ці списки можна робити висновки щодо правильності конфігурації схеми. Для здійснення контролю схеми потрібно вибрати пункт меню "Контроль схеми" → "Аналіз конфігурації". Списки вузлів без живлення і замкнених контурів можна вибрати відповідними пунктами меню.

#### 4.5. Перерахунок опорів гілок (R, X)

Після корегування довідникових даних марок ліній або трансформаторів необхідно виконати перерахунок опорів усіх віток, які містять ці марки. Операція перерахунку опорів по всіх вітках виконується вибором пункту меню "Контроль схеми" → "Перерахунок R, X".

#### 4.6. Розрахунок режиму схеми

Розрахунок усталеного режиму схеми вибирається пунктом меню "Режим" → "Розрахунок режиму схеми" (кнопка  на панелі керування) або клавішами "Ctrl" + "R":



Розрахунок режиму схеми

Точність розрахунку режиму: 1E-6  Фіксація U<sub>мод</sub> Алгоритм 1

Макс. кількість ітерацій: 100  Обмеження Q<sub>min</sub>, Q<sub>max</sub> 0

Макс. перевищення U<sub>ном</sub>, %: 10  Статичні характер. навантажень

Макс. зниження від U<sub>ном</sub>, %: 5  Підсумовування S<sub>бп(фм)</sub> в S<sub>ген</sub>

Розмірність результатів: МВт  Виведення ітераційного процесу

Розр. період: 01.02.24 - 29.02.24 Графіки навант., 1 год, 15.02.24 14:00:00

Застосувати Відмінити Навантаження вузлів: задані потужності

**Точність розрахунку режиму** – задана точність ітераційного процесу розрахунку режиму за максимальною нев'язкою за напругою вузла.

**Макс. перевищення/зниження від Уном, %** – загальні межі для контролю відхилень розрахункових напруг від номінальних, індивідуальні межі для різних класів напруг вказуються у довіднику номінальних напруг (п.1.7.7).

**Розмірність результатів** – вибір розмірності потужності: **МВт** або **кВт**.

**Фіксація Умод** – врахування фіксації модуля (ФМ) напруги у вузлах, відмічених ознакою "u" в колонці "П" таблиці вузлів схеми.

**Обмеження Qmin, Qmax** – врахування обмежень по реактивній потужності для вузлів з фіксацією модуля напруги.

Якщо немає проблем із збіжністю ітераційного процесу, *то вибір алгоритму фіксації модуля напруги не має значення*. При розрахунку режиму складнозамкнених схем вищих класів напруги можливі випадки, коли при використанні **алгоритму 0** ітераційний процес не збігається, тоді необхідно використовувати **алгоритми 1-3**. Така велика кількість алгоритмів пов'язана з методами врахування обмежень Qmin, Qmax у вузлах ФМ. **Алгоритми 0, 1** відрізняються програмними реалізаціями, але мають спільний підхід до врахування обмежень Qmin, Qmax у вузлах ФМ: за умови порушення обмежень такі вузли поступово виключаються зі списку ФМ, а потім розрахунок режиму повторюється. Обмежена кількість вузлів, що виключаються зі списку ФМ за один раз, може задаватись у полі опції "Обмеження Qmin, Qmax". Але при такому підході не враховується можливість повернення вузлів, виключених зі списку ФМ, у задані межі Qmin, Qmax і відновлення їх у списку ФМ. Також можливі ситуації, коли, навіть при використанні алгоритму 1, ітераційний процес із низкою вузлів, що виключені зі списку ФМ, може мати проблеми зі збіжністю. В такому випадку необхідно використовувати **алгоритми 2, 3**, які мають аналогічну програмну реалізацію з алгоритмом 1, але при цьому не виключають повністю вузли ФМ при порушенні меж Qmin, Qmax, а дають можливість динамічного врахування цих обмежень. **Алгоритми 2, 3** мають відмінності саме в реалізації динамічного врахування обмежень Qmin, Qmax вузлів ФМ, але при цьому також мають різні характеристики збіжності ітераційного процесу. *Таким чином, вибір алгоритму фіксації модуля напруги насамперед обумовлюється збіжністю ітераційного процесу.*

**Статичні характер. навантажень** – зміна навантаження у вузлах із заданими статичними характеристиками (колонки "Nc.x.", "Uc.x." в таблиці вузлів) залежно від розрахункової напруги.

**Підсумовування Sbp(фм) в Sген** – розрахункові потужності балансуючих вузлів та вузлів із фіксацією модуля напруги підсумовуються в колонки "Pген", "Qген" цих вузлів. Якщо ця опція виключена, то відповідні потужності записуються в колонки "Pрозр", "Qрозр" цих вузлів.

**Виведення ітераційного процесу** – виведення величин нев'язок за напругою на кожному кроці ітераційного процесу, використовується для аналізу збіжності процесу.

**Навантаження вузлів** – вибір варіанту навантажень: **задані потужності** – використовуються дані "Pнав", "Qнав", "Pген", "Qген" або "WPспож", "WQспож", "WPген", "WQген" (останні мають пріоритет); **задані струми** – використовуються дані "I'нав", "I"нав", "I'ген", "I"ген", тобто розрахунок режиму виконується в струмах; **нульові навантаження** – режим з нульовими навантаженнями.

**Розр. період** – визначення розрахункового періоду і варіанту перерахунку електроенергії в потужність для вузлів, навантаження яких задане в кВт·год, кВАр·год (колонки "WPспож", "WQспож", "WPген", "WQген"). У вікні необхідно вказати дати початку і кінця розрахункового періоду і задати варіант перерахунку електроенергії в потужність: **за середніми навантаженнями**:  $S = W/Троб$  (Троб визначається для кожного вузла з урахуванням часу його відключення), **за мінімальними (максимальними) навантаженнями**, що визначаються за графіками навантажень, або **за перетинами графіків навантажень**, де вказується дата і часова мітка зрізу графіків навантажень.

Установка розрахункового періоду

Період: з 01.02.2024 по 29.02.2024

Перерахунок електроенергії в потужність

За середніми навантаженнями

За мінімальними навантаженнями

За перетинами графіків навантажень

Інтервал часових перетинів 1 год

Дата 10.02.2024 Час 14:00:00

Застосувати Відмінити

Після закінчення розрахунку в головному вікні програми виводяться загальні характеристики режиму:

Схема : Рівне-2022 (Дата розрахунку: 19.01.2024 19:26:18)  
Вузел=688 Віток=842 Контурів=11 БП=16 ФМ=0

Точність розрахунку : 0,001  
Нев'язка за напругою : 0.0007, вузол: 275 Катеринівка.2.110  
Кількість ітерацій : 8

Сумарне споживання	: 506.403 МВт	166.963 МВАр
Сумарна генерація	: 0.000 МВт	-54.000 МВАр
Балансна потужність	: -521.935 МВт	-128.694 МВАр
Сумарні втрати	: 15.533 МВт	15.731 МВАр
Змінні втрати (Z)	: 11.497 МВт	51.848 МВАр
від потоків (P->)	: 10.075 МВт	
від потоків (Q->)	: 1.422 МВт	
Умовно-постійні (Y)	: 4.036 МВт	-36.117 МВАр
шунтувальні реакт.	: 0.000 МВт	0.000 МВАр
конденсатор. уст.	: 0.000 МВт	0.000 МВАр
Сумарний небаланс	: -0.000 МВт	-0.000 МВАр

Тут наведено назву схеми, дату розрахунку, кількість вузлів, віток, контурів, балансуєчих пунктів (БП), вузлів з фіксацією модуля напруги (ФМ). Для оцінки збіжності ітераційного процесу наведено задану точність, максимальну нев'язку за напругою із зазначенням номеру та найменування вузла і кількість ітерацій. Нижче наведено сумарні характеристики режиму схеми – активне та реактивне споживання, генерацію, балансну потужність (сумарна потужність БП та ФМ), втрати у схемі, окремі складові сумарних втрат і розрахунковий небаланс = генерація + споживання + балансна потужність + втрати у схемі.

При розрахунку режиму виконується контроль перевищення допустимих значень за чотирма складовими:

"U-" – занижені рівні напруги;

"U+" – завищені рівні напруги;

"Iл" – перевищення допустимих струмів ліній;


"St" – перевищення допустимих перетоків трансформаторів.

Індикатори цих чотирьох станів відображаються у нижній частині головного вікна. У разі виходу вищезазначених параметрів за допустимі границі відповідні індикатори "загоряються" червоним. Аналіз режиму виконується за результуючими таблицями, формати яких представлені нижче.

#### **4.7. Балансування схеми**

Задача балансування схеми – це коригування навантажень і генерації у вузлах схеми за заданим перетоками у лінії з урахуванням вагових коефіцієнтів навантажень (колонки "Кв(S)", "Кв(U)" у таблиці вузлів схеми) та вагових коефіцієнтів перетоків (колонка "Кв" у таблиці перетоків). Таблиця заданих перетоків у лініях вибирається пунктом меню "Дані" → "Перетоки в лініях".

Заданий переток в лінії витримується за рахунок зміни навантажень вузлів, які живляться цією лінією, алгоритм коректно працює для розімкнених і замкнених схем. Як правило, задача балансування використовується при розрахунках режимів схем 10(6) кВ районів електричних мереж, для яких невідоме навантаження на самих ТП, РП, але відомі перетоки по фідерах (вводах) 10(6) кВ. У першому наближенні навантаження на ТП РП формуються пропорційно до номінальних потужностей трансформаторів 10(6)/0.38 кВ, а потім ці навантаження балансуються по вимірних перетоках в лініях. Якщо частину навантажень на ТП задано за вимірами, то балансування має виконуватися з урахуванням вагових коефіцієнтів, за рахунок яких вимірне навантаження повинно змінюватися набагато меншою мірою (обернено пропорційно до заданих вагових коефіцієнтів) ніж навантаження, розраховане за номінальними потужностями трансформаторів.

Задача балансування вибирається пунктом меню "Режим" → "Балансування схеми" (кнопка  на панелі керування):

**Балансування навантажень**

Точність  tg(φ)  Макс. ітерацій

Вибір критерія балансування:

Мінімум відхилень від заданих перетоків

Мінімум відхилень від заданих навантажень

Мінімум відхилень від заданих напруг

Врахування обмежень

Нульове навантаж. (генерація) не змінюються

Заборона зміни знаків навантаж. (генерацій)

Застосування вагових коефіцієнтів:

Вагові коеф. пропорційні навантаженням

Заданих перетоків Множник

Навантажень Множник

Напруг Множник

Збереження збалансованих навантажень

Виведення ітераційного процесу

**Точність** – точність балансування за потужністю, наприклад, 0.001 – з точністю до 0.001 МВА або 1 кВА.

**tg(φ)** – тангенс навантаження для визначення реактивної потужності, застосовується для вимірювань типу 2 – P, tg, 3 – I, tg і 5 – WP, tg.

**Макс. ітерацій** – максимальна кількість ітерацій балансування.

**Вибір критерію балансування** визначає склад параметрів цільової функції. Цільова функція є сумою квадратів відхилень заданих параметрів від розрахункових, помножених на вагові коефіцієнти. Задача балансування – досягнення мінімуму цільової функції. В якості параметрів можна обрати задані перетоки, навантаження та напруги вузлів.

**Врахування обмежень** може здійснюватися за двома напрямками:

**Нульове навантаження (генерація) не змінюється** – ця умова забороняє змінювати нульові навантаження (генерації) у вузлах, наприклад, на відпайках

повітряних ліній, секціях шин без навантаження тощо;

**Заборона зміни знаків навантажень (генерацій)** – за умовами балансування задані перетоки можуть досягатися тільки при зміні знаку потужності, що в звичайних умовах (тільки навантаження або тільки генерації) є некоректним.

**Застосування вагових коефіцієнтів** може також обиратися за трьома параметрами цільової функції (задані перетоки, навантаження, напруги). При включенні відповідної опції у цільовій функції приймають участь вагові коефіцієнти, задані для окремих ліній (Кв) або вузлів (Кв(S) – по потужності, Кв(U) – по нарузі). Якщо опції відключені, вагові коефіцієнти приймаються рівними 1. Передбачені множники для одночасної зміни вагових коефіцієнтів за певним параметром. Множники приймають участь у цільовій функції незалежно від того, чи включено, чи відключено опцію будь-якого параметра. Включення опції "**Вагові коеф. пропорційні навантаженням**" дозволяє змінювати навантаження пропорційно до їхніх вихідних значень.

**Збереження збалансованих навантажень** – збереження результуючих навантажень у таблицю вузлів схеми замість вихідних.

**Виведення ітераційного процесу** – дозволяє простежити швидкість збіжності процесу балансування.

Для запуску процесу балансування потрібно натиснути кнопку "**Застосувати**". Після закінчення процесу в нижній частині вікна виводиться кількість ітерацій балансування, величини критеріїв і список ліній з перетоками до і після балансування, наприклад:

Ітерацій: 10

Критерій (dS лін) = 0,0000000 + j 0,0000000, модуль = 0,0000000

Критерій (dS нав) = 0,0000001 + j 0,0000000, модуль = 0,0000001

Критерій (dU вуз) = 0,0000000 + j 0,0000000, модуль = 0,0000000

	Поч. переток	Зад. переток	Рез. переток	
СХІДН.1.10 - СХІД_φ_11	24,5	-> 122,4	-> 122,4	А
СХІДН.1.10 - СХІД_φ_13	80,7	-> 52,8	-> 52,8	А
СХІДН.1.10 - СХІД_φ_15	136,8	-> 64,0	-> 64,0	А
СХІДН.1.10 - СХІД_φ_17	5,2	-> 2,4	-> 5,2	А - небаланс

<<<< Розрахунок закінчено >>>>

Якщо для деяких ліній не досягнуто заданої точності балансування, то наприкінці розрахунку виводиться повідомлення "**Небаланс навантажень**", і ці лінії відмічаються словом "**небаланс**", наприклад:

СХІДН.1.10 - СХІД_φ_17	5,2	-> 2,4	-> 5,2	А - небаланс
------------------------	-----	--------	--------	--------------

Після балансування виконується розрахунок режиму схеми, і в головному вікні виводяться загальні характеристики режиму.

Список збалансованих ліній у нижній частині вікна закривається правою кнопкою миші та вибором пункту "Сховати".

## 4.8. Формати таблиць результатів розрахунку режиму

### 4.8.1. Напруги вузлів

Таблиця вибирається пунктом меню "Режим" → "Напруги вузлів" (кнопка **U** на панелі керування). Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>N вузла</b>	номер вузла;
<b>Найменування</b>	текстове позначення вузла;
<b>Uном,кВ</b>	номінальна напруга вузла;
<b>Uрозр,кВ</b>	розрахункова напруга вузла;
<b>dU, %</b>	відхилення від номінальної напруги [%].

За замовчуванням таблицю відсортовано за колонкою "dU, %".

### 4.8.2. Завантаження ліній

Таблиця вибирається пунктом меню "Режим" → "Завантаження ліній" (кнопка **L** на панелі керування). Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>Uном</b>	номінальна напруга лінії, кВ;
<b>N поч, N кінь</b>	номери початку та кінця вітки;
<b>Початок, Кінець</b>	текстові позначення початку та кінця вітки;
<b>N лінії</b>	диспетчерське позначення лінії;
<b>Марка лінії</b>	довжина і марка лінії;
<b>Iрозр</b>	розрахунковий струм лінії [A];
<b>Iдоп</b>	допустимий струм лінії [A];
<b>I%</b>	відсоток розрахункового струмового завантаження лінії від допустимого;
<b>Rп →, Qп →</b>	активний та реактивний переток на початку вітки;
<b>→ Rк, → Qк</b>	активний та реактивний переток в кінці вітки;
<b>A</b>	ознака приналежності: " " – основні мережі, "A" – абонентські, "B" – безгоспні, "C" – сусідні;
<b>Приналеж.</b>	балансна приналежність лінії.

За замовчуванням таблицю відсортовано за колонкою "I%". Розмірність потужності задається у вікні розрахунку режиму.

### 4.8.3. Завантаження трансформаторів

Таблиця вибирається пунктом меню "Режим" → "Завантаження тр-рів" (кнопка **St** на панелі керування). Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>Uном</b>	номінальна напруга обмотки ВН трансформатора, кВ;
<b>N поч, N кінь</b>	номери вузлів сторін ВН і НН трансформаторної вітки;
<b>Початок, Кінець</b>	текстові позначення сторін ВН і НН трансформаторної вітки;
<b>Nтр</b>	номер трансформатора;
<b>Марка тр-ра</b>	марка, потужність та номінальна напруга обмоток трансформатора;
<b>Sрозр</b>	розрахункова потужність трансформатора;
<b>Sном</b>	номінальна потужність трансформатора;
<b>S%</b>	відсоток завантаження трансформатора від номінальної потужності;
<b>Rп →, Qп →, Iп →</b>	активний та реактивний перетоки і модуль струму на початку вітки (сторона ВН);
<b>→ Rк, → Qк, → Iк</b>	активний та реактивний перетоки і модуль струму в кінці вітки (сторона НН);
<b>A</b>	ознака приналежності: " " – основні мережі, "A" – абонентські, "B" – безгоспні, "C" – сусідні;
<b>Приналеж.</b>	балансна приналежність трансформатора.

За замовчуванням таблицю відсортовано за колонкою "S%". Розмірність потужності задається у вікні розрахунку режиму.

#### 4.8.4. Втрати в лініях

Таблиця вибирається пунктом меню "Режим" → "Втрати в лініях". Склад колонок:

Колонка	Опис
Уном	номінальна напруга лінії, кВ;
№ поч, № кін	номери початку та кінця вітки;
Початок, Кінець	текстові позначення початку та кінця вітки;
№ лінії	диспетчерське позначення лінії;
Марка лінії	довжина і марка лінії;
dP (Z), dQ (Z)	змінні активні та реактивні втрати в опорі лінії;
dP (Y), dQ (Y)	умовно-постійні активні та реактивні втрати в провідності лінії;
dP сум, dQ сум	сумарні активні та реактивні втрати в лінії;
А	ознака приналежності: " " – основні мережі, "А" – абонентські, "Б" – безгоспні, "С" – сусідні;
Приналеж.	балансна приналежність лінії.

Розмірність втрат потужності задається у вікні розрахунку режиму.

#### 4.8.5. Втрати в трансформаторах

Таблиця вибирається пунктом меню "Режим" → "Втрати в тр-рах". Склад колонок:

Колонка	Опис
Уном	номінальна напруга обмотки ВН трансформатора, кВ;
№ поч, № кін	номери вузлів сторін ВН і НН трансформаторної вітки;
Початок, Кінець	текстові позначення сторін ВН і НН трансформаторної вітки;
№тр	номер трансформатора;
Марка тр-ра	марка, потужність та номінальна напруга обмоток трансформатора;
dP (Z), dQ (Z)	змінні активні та реактивні втрати в опорі трансформатора;
dP (Y), dQ (Y)	умовно-постійні активні та реактивні втрати в провідності трансформатора;
dP сум, dQ сум	сумарні активні та реактивні втрати в трансформаторі;
А	ознака приналежності: " " – основні мережі, "А" – абонентські, "Б" – безгоспні, "С" – сусідні;
Приналеж.	балансна приналежність трансформатора.

Розмірність втрат потужності задається у вікні розрахунку режиму.

#### 4.8.6. Втрати в схемі

Для перегляду втрат активної та реактивної потужності за різними групами елементів схеми залежно від обраного критерію (ранжування втрат) потрібно вибрати пункт меню "Режим" → "Втрати в схемі" (кнопка ΔΠ на панелі інструментів). При цьому з'являється додаткова панель інструментів:




а в нижній частині вікна виводиться таблиця, наприклад:

Сумарні втрати: dPсум = 736.2 кВт

Обладнання	Уном	Приналежність	dP	%	dQ	dP (Z)	%	dQ (Z)	dP (Y)	%	dQ (Y)	dP (P->)	%	dP (Q->)	%
			736.2	100	484.2	693.9	94	483.3	42.3	6	0.9	553.5	75	140.4	19

де

- dPсум – сумарні активні втрати у схемі;
- dP, dQ – сумарні активні та реактивні втрати за обраними критеріями;
- dP (Z), dQ (Z) – змінні активні та реактивні втрати в опорах;
- dP (Y), dQ (Y) – умовно-постійні активні та реактивні втрати в провідностях;
- dP (P->), dP (Q->) – складова dP (Z) від потоків активної і реактивної потужності;
- % – відсоток від сумарних активних втрат у схемі.

Кнопкою  "Вибір складових втрат" здійснюється вибір потрібних величин:



**Складові втрат** X

dP - сумарні активні втрати за обраними критеріями  % від dPсум

dQ - сумарні реактивні втрати за обраними критеріями

dP (Z) - складова змінних активних втрат в опорах  % від dPсум

dQ (Z) - складова змінних реактивних втрат в опорах

dP (Y) - умовно-постійні активні втрати в провідностях  % від dPсум

dQ (Y) - умовно-постійні реактивні втрати в провідностях

dP (P->) - складова dP (Z) від потоків активної потужності  % від dPсум

dP (Q->) - складова dP (Z) від потоків реактивної потужності  % від dPсум

Ранжування втрат здійснюється за критеріями:

1. **Обладнання (Усі, Лінії, КЛ, ПЛ, Тр-ри)** – ранжування втрат за лініями і трансформаторами, а також за кабельними та повітряними лініями.
2. **Уном (Усі, 10, 6, 0.38 ...)** – ранжування за наявними в схемі класами напруги.
3. **Приналежність (Усі, Основні мережі, Абонентські, Безгоспні, інших ЕК)** – ранжування за балансною приналежністю обладнання (абонентські ділянки відзначаються ознакою "А", безгоспні – "Б", сусідні електромережі – "С", у колонці "А" таблиці віток схеми).
4. **Райони (Усі, 1, 2, 3 ...)** – ранжування за заданими користувачем номерами районів у таблиці віток схеми (колонка "Np").

Після вибору потрібних критеріїв необхідно натиснути кнопку **"Розрахунок втрат за критеріями:"** на додатковій панелі інструментів, після чого до таблиці у нижній частині вікна додаються значення втрат за вибраними критеріями, наприклад:

Розрах. втрат за критеріями: Обладнання **Лінії** Уном **Усі** Приналежність **Усі** Райони **Усі**

Сумарні втрати: dPсум = 736.2 кВт

Обладнання	Уном	Приналежність	dP	%	dQ	dP (Z)	%	dQ (Z)	dP (Y)	%	dQ (Y)	dP (P->)	%	dP (Q->)	%
			736.2	100	484.2	693.9	94	483.3	42.3	6	0.9	553.5	75	140.4	19
Лінії			637.0	87	-69.8	633.7	86	239.9	3.3	0	-309.7	504.1	68	129.6	18

Розрах. втрат за критеріями: Обладнання **Лінії** Уном **10** Приналежність **Усі** Райони **Усі**


Сумарні втрати: dPсум = 736.2 кВт

Обладнання	Уном	Приналежність	dP	%	dQ	dP (Z)	%	dQ (Z)	dP (Y)	%	dQ (Y)	dP (P->)	%	dP (Q->)	%
			736.2	100	484.2	693.9	94	483.3	42.3	6	0.9	553.5	75	140.4	19
Лінії			637.0	87	-69.8	633.7	86	239.9	3.3	0	-309.7	504.1	68	129.6	18
Лінії	10		320.5	44	-179.1	317.5	43	129.7	3.0	0	-308.9	241.8	33	75.7	10

Розрах. втрат за критеріями: Обладнання **Лінії** Уном **10** Приналежність **Абонент. мережі** Райони **Усі**

Сумарні втрати: dPсум = 736.2 кВт

Обладнання	Уном	Приналежність	dP	%	dQ	dP (Z)	%	dQ (Z)	dP (Y)	%	dQ (Y)	dP (P->)	%	dP (Q->)	%
			736.2	100	484.2	693.9	94	483.3	42.3	6	0.9	553.5	75	140.4	19
Лінії			637.0	87	-69.8	633.7	86	239.9	3.3	0	-309.7	504.1	68	129.6	18
Лінії	10		320.5	44	-179.1	317.5	43	129.7	3.0	0	-308.9	241.8	33	75.7	10
Лінії	10	Абонент. мережі	31.7	4	-219.2	29.9	4	10.8	1.8	0	-230.0	23.8	3	6.1	1

Для очищення вікна з таблицею втрат потрібно натиснути кнопку  **"Очищення вибірки втрат"** на додатковій панелі інструментів.

Вікно з таблицею втрат у нижній частині вікна закривається правою кнопкою миші та вибором пункту **"Сховати"**.

#### 4.8.7. Загальні характеристики режиму

Загальні характеристики режиму (сумарне споживання, генерація, втрати тощо) вибираються пунктом меню "Режим" → "Загальні характеристики". Формат виводу загальних характеристик розглянуто в п. 4.6.

#### 4.9. Розрахунок ЕЕРП вузлів

Розрахунок економічних еквівалентів реактивної потужності (ЕЕРП) – визначення похідної від сумарних втрат активної потужності по реактивній потужності вузла ( $d\Delta P/dQ_i$ ). ЕЕРП є критерієм оптимальності реактивного навантаження вузла, розраховується чисельним диференціюванням і тому вимагає досить великої точності розрахунку режиму. Задача вибирається пунктом меню "Задачі" → "Розрахунок ЕЕРП вузлів".

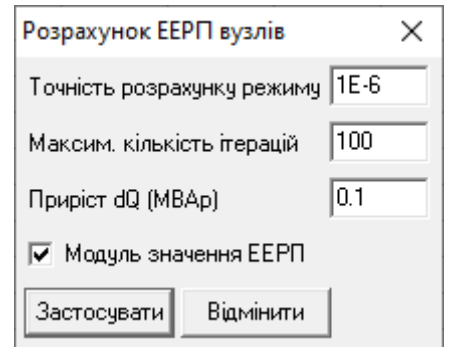
**Точність розрахунку режиму** – задана точність ітераційного процесу розрахунку режиму за напругою.

**Максим. кількість ітерацій** – максимальна кількість ітерацій ітераційного процесу.



**Приріст  $dQ$  (МВАр)** – збільшення реактивної потужності для визначення похідної  $d\Delta P/dQ_i$ .

**Модуль значення ЕЕРП** – запис значення ЕЕРП в таблицю вузлів схеми за його модулем.

ЕЕРП розраховується для всіх вузлів, процес розрахунку відображається в правому нижньому куті головного вікна. Після закінчення розрахунку заповнюється колонка "ЕЕРП" таблиці вузлів схеми.



#### 4.10. Автоматична графіка схем


При натисканні кнопки  "Графіка схеми" під головною панеллю керування з'являється додаткова панель керування графікою, в лівій частині головного вікна відображається поточна таблиця а в правій – область для виводу автоматичної графіки схеми. Для відображення повної схеми потрібно натиснути кнопку  "Відображення всієї схеми" на панелі графіки:

Nr	N вузла	Позначення	П	Rнав	Qнав
97	144	Міська	b		
98	1	Міська.1.10			
99	3	Міська.2.10			
100	9	H1			
101	145	Насосна	b		
102	8	Насосна.1.6			
103	11	P1			
104	12	P2			
105	146	Районна	b		
106	10	Районна.1.10			
107	15	РП1.1			
108	16	РП1.2			
109	72	РП1.T1			
110	74	РП1.T2		1.368	0.684
111	73	РП1.TBП1	C	0.006	0.003
112	75	РП1.TBП2	C	0.003	0.001
113	23	Сусід.РЕМ	-	0.730	0.365
114	55	ТП16			
115	128	ТП16.CH	C	0.001	0.000
116	76	ТП16.T1		0.456	0.228
117	57	ТП17			
118	129	ТП17.CH	C	0.001	0.000
119	77	ТП17.T1		0.456	0.228


#### 4.10.1. Загальні положення

Графіка схеми автоматично формується на основі таблиць вузлів і віток схеми. В якості вершин схеми приймаються балансуєчі вузли та вузли із заданою ознакою вершини схеми (п.4.1.1, колонки "П" і "В"). Схема будується зверху вниз – від вершин до тупиків.

Вузли можуть відображатися за номером (наприклад: 123), найменуванням (наприклад: Північ) або номером та найменуванням (наприклад: 123 Північ).

Відпайкові вузли, у яких найменування починається з приставки "отп", "відп" або "\_", можуть відображатися у вигляді шини: .

Можливе відображення графіки у вигляді інтегральної схеми, коли низка вузлів з однаковими найменуваннями до роздільника "." (наприклад, Північ.Т1.110, Північ.\*Т1, Північ.1.10 і т.д.) об'єднуються в один інтегральний вузол – Північ. Вміст інтегрального вузла можна розкрити в окрему підсхему. Найменування вузлів підсхеми визначаються текстом після роздільника "." (наприклад, Т1.110, \*Т1, 1.10). Найменуваннями вузлів підсхеми також позначаються зовнішні виходи приєднаних ліній. Відображення зовнішніх виходів необхідне для визначення зв'язків між інтегральними вузлами.

Інтегральні вузли можна відображати у вигляді вкладених секцій, наприклад,  відображає вузли РП5.1 (1 секція) і РП5.2 (2 секція), що зручно для показу мереж 10(6)/0.38 кВ. Номери секцій показуються у правому верхньому куті.

Комутаційні апарати у кінцях ліній зазвичай відображаються у вигляді прямокутників. Включений стан відповідає незабарвленому (білому) прямокутнику, відключений – забарвленому червоним кольором.

На схему можна виводити характеристики ліній та трансформаторів (диспетчерські номери, допустимі струми, номінальні потужності, марки) і результати розрахунків (напруги вузлів, активні та реактивні перетоки потужності, струми віток тощо).

Забарвлення вузлів і ліній може виконуватися за різними критеріями: рівні напруги, балансна приналежність, індивідуальне забарвлення.

На рис. 4.1 показано фрагмент автоматичної графіки **інтегральної схеми** 110/35/10(6) кВ, яка містить живлячу підстанцію 330 кВ (ПС-330), три підстанції 110 кВ (ПС-110-1, ПС-110-2, ПС-110-3) і три підстанції 35 кВ (ПС-35-1, ПС-35-2, ПС-35-3). В розгорнутому вигляді показано ПС-110-2 (підстанція 110/35/10 кВ) і ПС-35-2 (35/10 кВ). Забарвлення вузлів і ліній – за класами напруги (синій – 110 кВ, помаранчевий – 35 кВ, циановий – 10 кВ), також різні класи напруги мають різну товщину ліній. Кожна лінія має диспетчерську назву (наприклад, Л304) і параметри, що характеризують її довжину і марку (наприклад, 12770\*АС-240). Також на кожній лінії можуть бути показані допустимий струм і відсоток завантаження. Відпайки повітряних ліній показані у вигляді шин.

В розгорнутому вигляді показано ПС-110-2 з двома трансформаторами 110/35/10 кВ потужністю 16 МВА. Трансформатори показані у вигляді трипроменевих схем з фіктивними середніми точками. Кожний промінь (обмотка трансформатора) розфарбовується за номінальною напругою високої сторони (в даному випадку 110 кВ) і має індивідуальну номінальну потужність і завантаження у відсотках. Також у розгорнутому вигляді показано ПС-35-2 з двома трансформаторами 35/10 кВ потужністю 6.3 МВА.

Комутаційний стан кожної вітки відображається прямокутниками на її кінцях із відповідним забарвленням. Розрахункові модулі напруги наведені праворуч від вузлів. Навантаження у вузлах і перетоки по лініях показані послідовно зверху вниз значеннями активної потужності (P, МВт), реактивної потужності (Q, МВАр) і струму (I, А).

На рис.4.1 наведено лише один з можливих варіантів відображення схеми – типовий варіант для схем 110/35/10(6) кВ. Всі складові графіки схеми відображаються за потребою користувача, основні налаштування графіки схеми розглянуті в п. 4.10.2.

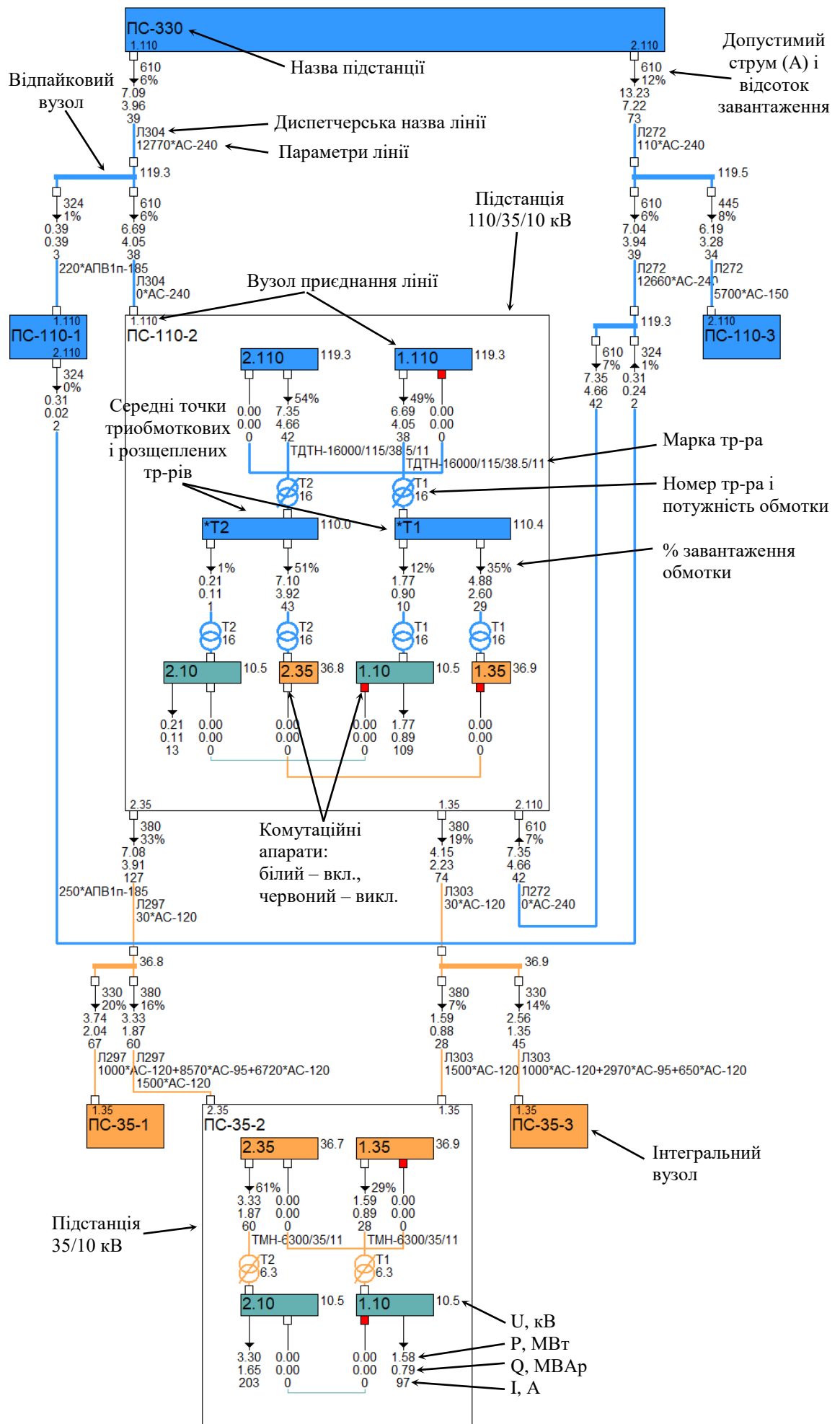


Рис. 4.1. Приклад фрагменту автоматичної графіки інтегральної схеми 110/35/10 кВ

#### 4.10.2. Параметри графіки схеми

Вікно параметрів графічних компонентів схеми викликається кнопкою  "Параметри графіки схеми" на панелі графіки:

**Відображення вузлів** – спосіб відображення вузлів (за номером, за назвою, за номером та назвою).

Кнопка **Шрифт** – вибір поточного шрифту графіки, через який здійснюється масштабування графіки.

**Додавати номери вузлів ЕС до назв вузлів у дужках "<", ">"** – додавання значень колонки "N вузла ЕС" таблиці вузлів схеми до позначення вузлів на графіці.

**Додавати примітки до назв вузлів** – додавання вмісту колонки "Прим." таблиці вузлів схеми до графічного відображення вузлів на схемі.

**Упорядкування** – опції для упорядкування розміщення вузлів на графіці схеми:

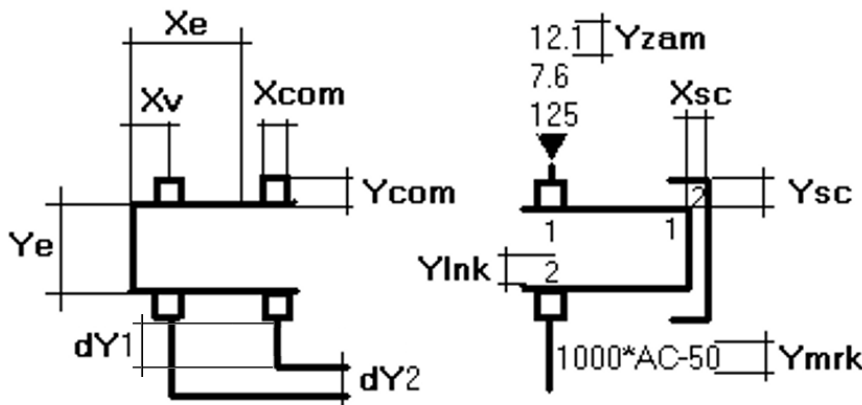
**За назвами вузлів** – в одній площині по горизонталі вузли розташовуються в алфавітному порядку;

**За горизонт. розміщ. вузлів** – розміщення вузлів "ялинкою", ця опція має пріоритет над попередньою;

**За довжиною контур. зв'язків** – перестановка груп вузлів для зменшення довжин горизонтальних ліній, ця опція має пріоритет над попередньою;

**Перенос до контур. зв'язків** – додаткове зміщення вузлів у напрямку горизонтального зв'язку. Це впорядкування має сенс для схем із великою кількістю контурів. У схемах з невеликою кількістю контурів така оптимізація призводить до зменшення розмірів горизонтальних ліній, проте може призвести до значного збільшення розмірів схеми загалом.

**Метрика** – визначення розмірів елементів графіки відносно висоти обраного шрифту. За замовчуванням прийнято такі значення:



**Ye** – Y елемента = 1.3;

**Xe** – X елемента = 1;

**Xv** – X виходу = 0.5;

**dY1** – мінімальна відстань між вузлами по вертикалі = 1;

**dY2** – мінімальна відстань між горизонтальними лініями = 1;

**Yzsc** – зміщення по вертикалі для вкладених секцій = 0.75;

**Xzsc** – зміщення по горизонталі для вкладених секцій = 0.25;

**Ycom** – висота комутаційного апарату = 0.5;

**Xcom** – ширина комутаційного апарату = 0.5;

**Yzam** – висота шрифту вимірів (струми, перетоки потужності по лінях) = 0.75;

**Xzam** – X елемента при виводі вимірів = 2.25;

**Ylnk** – висота шрифту зовнішніх виходів = 0.75;

**Ymrk** – висота шрифту для марок ліній та трансформаторів = 0.75.

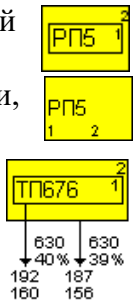
**Відображення компонент схеми** – налаштування елементів схеми, що відображаються:

**Інтегральна схема** – відображення інтегральної схеми (працює при установці відображення вузлів "за назвою").

**Секціонування** – відображення інтегральних вузлів у вигляді вкладених секцій шин.

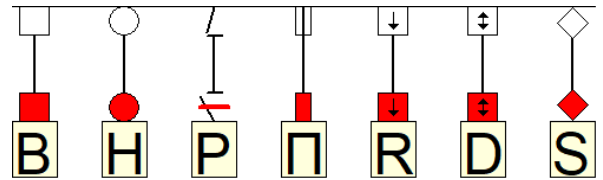
**Зовнішні виходи** – відображення інтегральних вузлів із зовнішніми виходами, працює при вимкненій опції "Секціонування".

**Потужності тр-рів** – відображення вводів трансформаторів, їх номінальних потужностей, перетоків потужності на високій стороні, завантаження обмоток. Ця опція має сенс для виводу на друк фрагменту схеми, в якому видно потужності і завантаження трансформаторів без розгортання інтегральних вузлів у підсхеми.



**Комутації віток** – відображення комутаційних апаратів.

**Типизація ком. апаратів** – відображення комутаційних апаратів згідно змісту колонок "Ком. апп. поч.", "Ком. апп. к ін." таблиці віток схеми. Можливі сім варіантів: символ "В" – вимикач, "Н" – вимикач навантаження, "Р" – роз'єднувач, "П" – запобіжник, "R" – реклоузер, "D" – реклоузер двосторонній (двонаправлений), "S" – секціоналайзер.



**Відпайки показувати шинами** – відображення у вигляді шин вузлів із префіксами "отп", "відп" та "\_" у назві, працює при установці відображення вузлів "за назвою".

**Кабельні, повітряні лінії:**

**марка, №, Длоп, %** – відображення відповідно марок, диспетчерських назв, допустимих струмів та відсоткового завантаження ліній.

**Трансформатори:**

**марка, №, Sном, %** – відображення відповідно марок, диспетчерських номерів (Т1, Т2...), номінальних потужностей та відсоткового завантаження трансформаторів.

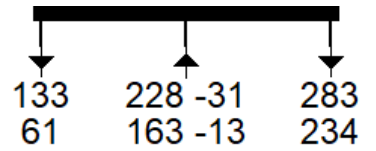
**Марка реактора** – відображення марок реакторів.

**Z, Y, Kтр** – відображення відповідно активних і реактивних опорів віток та коефіцієнтів трансформації (для трансформаторних віток).

**Відображення результатів розрахунку** – виведення на графіку схеми розрахункових напруг, перетоків потужностей та електроенергії, струмів та ін. Для всіх величин можна задавати кількість знаків після коми. Для струмів і потужностей передбачено множник, за допомогою якого можна змінювати розмірність результатів, що виводяться. Наприклад, стандартно для потужностей множник = 1 – виведення результатів в МВт(МВАр)/МВт·год (МВАр·год), при заданні множника = 1000 потужність/електроенергія будуть виводитися в кВт(кВАр)/кВт·год(кВАр·год). Зазвичай розмірність струмів – А, при установці множника 0.001 можна виводити струми у кА, наприклад для струмів короткого замикання. Значення струмів, перетоків потужності (електроенергії), косинусів виводяться на початку та в кінці лінії. Значення напруг та ЕЕРП виводяться праворуч від вузлів (значення ЕЕРП помножене на 10000 для скорочення запису без коми). Перемикання між потужностями та електроенергією здійснюється вибором у списку "Перетоки". При відображенні **перетоків електроенергії** на схему не виводяться напруги та струми, оскільки вони можуть набувати безліч значень (за розрахунковий період), при цьому на лініях та вузлах відображаються виміри електроенергії, задані у таблицях вузлів і перетоків, а поряд з ними відображаються значки (наявність обліку електроенергії), на інших лініях відображаються розрахункові значення перетоків електроенергії.

При включенні опції "**Розрах. перетоки (навант.)**" навантаження вузлів відображаються колонками "**Ррозр**", "**Qрозр**" таблиці вузлів схеми. Цей варіант доцільний для відображення результатів балансування навантажень, розрахунків зі статичними характеристиками навантажень, розрахунків за зрізами графіків навантажень. При відображенні перетоків електроенергії місця встановлення вимірювань позначаються значком (наявний облік, але відображається розрахункове значення електроенергії). Позначка вхідних та вихідних перетоків (символи "+", "-" у колонці "П" таблиці вузлів та у колонці "+/-" таблиці перетоків) відображається значками , .

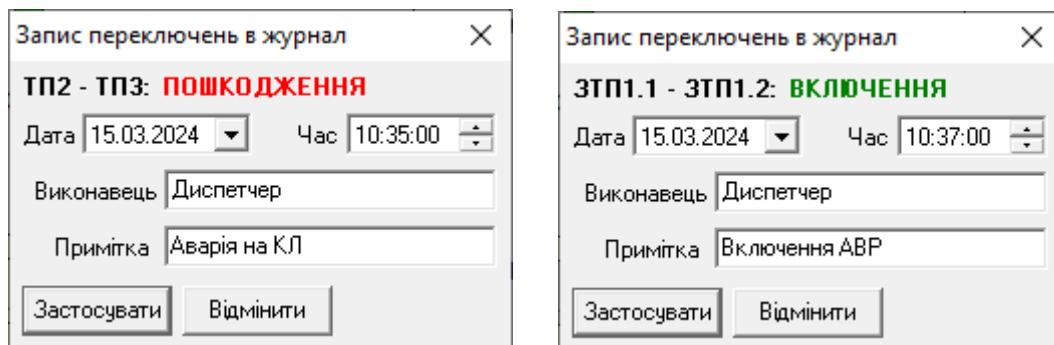
Опція -|>- "**Вказівник напрямку перетоку**": вказівники напрямку перетоків потужності/електроенергії відображаються за замовчуванням, ця опція потрібна для можливості відображення вказівників без відображення відповідних перетоків. Вказівник напрямку, як правило, обирається за позитивним напрямом активної потужності, але при значній перевазі реактивного потоку над активним (принаймні втричі), вказівник напрямку буде вказувати позитивний напрям реактивного потоку. При окремому відображенні активних або реактивних потоків потужності, напрям вказівника обирається виключно за цією потужністю (Р або Q). Напрямок струму також обирається за позитивним напрямом активної потужності. При відображенні перетоків електроенергії можливі ситуації зустрічних потоків, які відображаються поряд з від'ємним знаком, як показано на рисунку.



Опція -|>-x- "**Відображення перетоку з однієї сторони вітки**" дозволяє скорочувати габарити схеми по вертикалі за рахунок відображення перетоків тільки на початку віток, наприклад, як показано на рис. 4.1 (п. 4.10.1).

**Зберігання комутацій, параметрів ліній і трансформаторів в базу РЕМ** – запис змін комутації та марок ліній або трансформаторів у файли \*.RSL, \*.RTP, \*.R04. Увімкнення цієї опції корисне при відпрацюванні вузлів без живлення та замкнених контурів у схемах 10(6)/0.38 кВ. Проте, цю опцію бажано вимикати під час проведення будь-яких експериментальних розрахунків.

**Запис переключень у журнал** – включення цієї опції дозволяє автоматично записувати в журнал переключень зміни комутації та параметрів віток. При кожній зміні комутації (параметрів) вітки на графіці схеми буде показуватися вікно, в якому необхідно вказати дату, час події, П.І.Б. диспетчера і скорочену примітку до події. Наприклад, пошкодження на лінії ТП2 – ТП3 і включення резерву на ЗТП1 можуть бути зафіксовані в наступних вікнах:



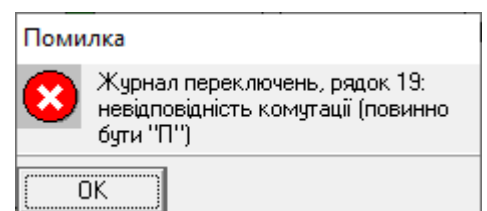
при цьому в журнал переключень автоматично будуть додані наступні рядки:

Дата перекл.	д/п	Диспетчер	Примітка	N поч.	N кін.	Nл	Початок	Кінець	Фід.поч.	Фід.кін.	k
15.03.2024 10:35		Диспетчер	Аварія на КЛ	13	14		ТП2	ТП3	Міська, М1, Б	Міська, М3	
15.03.2024 10:35	1	Диспетчер	Аварія на КЛ	13	14		ТП2	ТП3	Міська, М1, Б	Міська, М1, Б	П
15.03.2024 10:37		Диспетчер	Включення АВР	17	18		ЗТП1.1	ЗТП1.2		Міська, М2	Н
15.03.2024 10:37	1	Диспетчер	Включення АВР	17	18		ЗТП1.1	ЗТП1.2	Міська, М2	Міська, М2	

Таким чином до журналу переключень можуть бути внесені наступні події:

- зміна комутації ліній 10(6) кВ, трансформаторів 10(6)/0.38 кВ, секційних перемикачів 10(6) або 0.38 кВ, фідерів 0.38 кВ;
- зміна параметрів ліній і трансформаторів, що характерно при виконанні ремонтних робіт.

При великому обсязі подій, що характерно для міських мереж, можливі появи повідомлень про помилки, які пов'язані з невідповідністю поточного стану вітки зі станом у журналі переключень. В таких випадках потрібно вручну видалити додані рядки у журналі переключень, привести стан вітки у відповідність до журналу переключень (зміну стану виконати без запису у журнал) і повторити операцію. Аналіз помилок за весь розрахунковий період виконується операцією "Тест переключень" (п.4.3).



**Анімація перетоків P, Q** – при включенні цієї опції на кожну лінію накладаються рухомі пунктирні лінії червоного і синього кольорів, що відображають напрям перетоку активної та реактивної потужності. Колір і товщину пунктирних ліній задається у вікні "Встановлення кольорів" (п.4.10.5).


**Стандарт. установки** – набори параметрів схемної графіки для зручного відображення схем різних класів напруги. Налаштування найбільш вживаних наборів наведені у таблиці:

Налаштування	Мережі РЕМ 10-0.4 кВ	Мережі ЕК 110-35 кВ	Мережі ЕС 750-110 кВ
Відображення вузлів	за назвою	за назвою	за номером і назвою
Інтегральна схема	+	+	не важливо
Секціонування	+	-	не важливо
Зовнішні виходи	+	-	не важливо
Потужності тр-рів	-	-	-
Комутації віток	+	+	+
Типізація ком. апаратів	-	-	-
Відпайки показувати шинами	+	+	-
Кабельні, повітряні лінії:			
марка / № / Ідоп / %	+ / - / - / -	+ / - / - / -	- / - / - / -
Трансформатори:			
марка / № / Sном / %	- / + / + / -	- / + / + / -	- / - / - / -
Марка реактора	-	-	-
Напруги	+	+	+
Струми віток (вузлів)	+	-	-
Актив. перетоки	-	+	+
Реакт. перетоки	-	+	+
Множник (потужність)	1000	1	1
ЕЕРП	-	-	+

Швидке встановлення опцій для умов різних типів схем виконується вибором відповідного пункту зі списку "**Стандарт. установки**", в якому можна вибрати один з наступних наборів налаштувань:

- Мережі ЕС 750-110 кВ – розрахункові схеми мереж 750 – 110 кВ енергосистем;
- Мережі ЕК 110-35 кВ – схеми мереж 110 – 35 кВ енергокомпаній;
- Мережі РЕМ 10-0.38 кВ – схеми 10 – 0.38 кВ районів електричних мереж (РЕМ);
- Радіус С.К.З. – відображення струмів трифазного короткого замикання;
- Радіус ЕЕРП (D2) – відображення радіуса живлення вузла при розрахунках ЕЕРП.

#### 4.10.3. Друк схеми

Вікно налаштувань друку схеми викликається кнопкою  на панелі графіки:

**Найменування схеми** – заголовок схеми.

Кнопка "**Параметри принтера**" – активує стандартне системне вікно налаштування друку (вибір принтера, розміру аркуша, орієнтації тощо).

Кнопка "**Установка шрифта**" – вибір шрифту для друку графіки схеми.

**Підігнати на один лист** – автоматичний підбір розмірів шрифту для друку схеми на одному аркуші.

**Нумерація сторінок** – горизонтальна та вертикальна нумерація сторінок у правому верхньому кутку для подальшого склеювання.

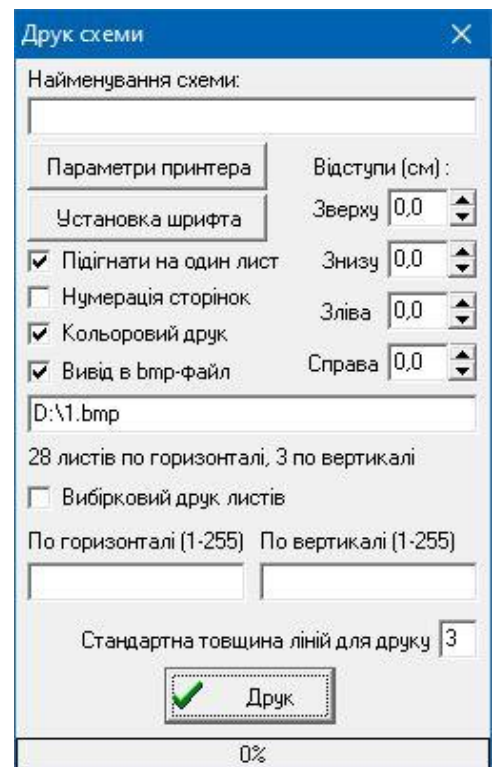
**Кольоровий друк** – друк графіки у кольорі (або відтінках сірого на чорно-білих принтерах).

**Вивід в bmp-файл** – виведення схеми в графічний файл формату BMP, каталог і назва файлу вказується нижче.

**... листів по горизонталі, ... по вертикалі** – розрахункова кількість листів по горизонталі та вертикалі при обраних налаштуваннях друку (розміру та орієнтації аркуша, шрифту і відступів).

**Вибірковий друк листів** – друк вказаних номерів листів по горизонталі та по вертикалі.


**Стандартна товщина ліній для друку** – вибір товщини ліній для друку в пікселях.






#### 4.10.4. Пошук вузла на схемі

Залежно від способу відображення вузлів пошук здійснюється або за номером, або за назвою вузла. Пошук вузла на схемі можна виконати трьома способами:

1. Ручне набирання номеру або найменування вузла у полі введення  на панелі керування графікою та натискання кнопки .










2. Пошук вузла в таблиці вузлів схеми та подвійне натискання лівою кнопкою миші на колонці "N вузла" або "Позначення" – при цьому позначення вузла потрапляє у поле введення, потім – натискання кнопки .

3. Вибір пункт меню "Контроль схеми" → "Перелік підстанцій" – у лівій частині вікна з'являється список усіх підстанцій, наявних у схемі. Потім – пошук необхідної підстанції шляхом набору перших літер її назви та натискання кнопки "Enter".

Знайдений вузол позиціонується в центрі екрану і виділяється жирним контуром. Швидке переміщення від одного вузла до іншого за довгою лінією виконується натисканням правої кнопки миші на лінії та вибором пункту "Перехід по лінії".


#### 4.10.5. Сервіс при перегляді графіки


У програмі передбачено відображення **фрагментів схеми**, яке виконується відносно вузла, заданого у полі введення на панелі керування графікою. Можливі такі варіанти побудови фрагментів схеми та налаштування графічного зображення:


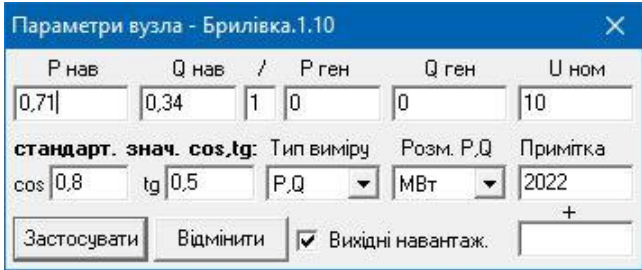
	<b>Відображення всієї схеми.</b>
	<b>Побудова дерева живлення</b> – фрагмент схеми, що живиться від обраного вузла.
	<b>Побудова радіуса живлення</b> – фрагмент схеми, що включає ланцюг живлення обраного вузла до балансуєчого пункта (пунктів).
	<b>Побудова трас живлення</b> – фрагмент схеми, що включає ланцюги основного та резервного живлення обраного вузла, резервні ланцюги живлення обов'язково містять один розрив;
	<b>Побудова яруса живлення</b> – фрагмент схеми, що відображає всі зв'язки обраного вузла;
	<b>Розгорнути/згорнути підстанцію</b> – розгортання/згортання підсхеми обраного інтегрального вузла;
	<b>Показати/приховати зв'язки вузла</b> – відображення або приховування окремих зв'язків обраного вузла;
<b>Un</b>	<b>Вибірка вузлів за класами напруги</b> – відображення вузлів із номінальною напругою, заданою в полі введення;
	<b>Очистити графічний фрагмент</b> – очищення графічного фрагменту;
	<div data-bbox="277 1451 842 2033" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Вибір кольорів елементів схеми</p> <p><input checked="" type="radio"/> Типові установки: Колір фону <input type="text"/> Колір вузлів <input type="text"/></p> <p>Товщина ліній <input type="text" value="2"/> Колір ліній <input type="text"/></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Без живлення <input type="checkbox"/> БП <input type="checkbox"/> ФМ</p> <p><input type="checkbox"/> Контроль <math>U &gt; U_{min}, &lt; U_{max}; I_l, S_t &lt; 100\%</math></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Переток P <input type="text" value="2"/> <input checked="" type="checkbox"/> Переток Q <input type="text" value="2"/></p> <p><input type="radio"/> За класами напруги: Уном <input type="text" value="10"/></p> <p><input type="button" value="Додати"/> <input type="button" value="Видалити"/> Товщина ліній <input type="text" value="1"/></p> <p><input type="radio"/> За приналежністю: Основні мережі</p> <p><input type="radio"/> За районами: <input type="text" value="1"/> Вводи п/ст</p> <p><input type="radio"/> Індивідуальні кольори вузлів і ліній</p> <p><input type="button" value="Застосувати"/> <input type="button" value="Відмінити"/></p> </div> <div data-bbox="865 1451 1487 2033" style="padding: 5px;"> <p><b>Типові установки</b> – типові кольори фону, вузлів і ліній, вузлів без живлення, БП, ФМ, колір фону, що сигналізує про порушення меж (U, I, S), кольори потоків P, Q, що відображаються при включенні опції "Анімація перетоків P,Q" (п.4.10.2).</p> <p><b>За класами напруги</b> – у списку "Уном" вручну задається номінал напруги, вибирається колір та товщина ліній, натискається кнопка "Додати". Для видалення напруги зі списку натискається кнопка "Видалити".</p> <p><b>За приналежністю</b> – можна визначити кольори для "Основних мереж", "Абонентських мереж", "Безгоспних мереж", "Мереж інших ЕК".</p> </div> <p><b>За районами</b>, заданими у таблиці районів схеми.</p> <p><b>За індивідуальними кольорами</b> вузлів та ліній.</p>

Результуючий фрагмент схеми може збиратися з кількох елементарних фрагментів. Аналогічні операції можна виконувати безпосередньо на графіці схеми при натисканні правої кнопки миші на вузлі.

#### 4.10.6. Сервіс при редагуванні графіки

Розрахункова схема редагується в таблицях вузлів, віток та перетоків. Щоб ці зміни відобразилися на графіці схеми необхідно натиснути кнопку  "Оновити схему" на панелі керування графікою.

Для переходу в режим редагування безпосередньо графіки схеми потрібно натиснути кнопку  "Режим редагування" на панелі керування, при цьому блокується введення даних у таблиці вузлів, віток та перетоків, і стають активними кнопки для редагування схеми на панелі керування графікою:

	<p><b>Зміна комутації</b> – увімкнення режиму зміни комутації. Комутація змінюється натисканням лівої кнопки миші на комутаційному апараті.</p>
<p><b>P,Q</b></p>	<p><b>Навантаження вузлів</b> – увімкнення режиму введення навантажень. Вікно введення навантаження з'являється при натисканні лівої кнопки миші на вузлі:</p>  <p><b>Рнав, Qнав, Рген, Qген</b> – поля введення активного та реактивного навантаження і генерації. Залежно від типу виміру в ці поля можна вводити потужності, струми, електроенергію з різним поєднанням косинусів і тангенсів;</p> <p><b>Uном</b> – номінальна напруга вузла, вказана в колонці "Um" таблиці вузлів схеми;</p> <p><b>стандарт. знач. cos,tg</b> – значення косинуса і тангенса, які приймаються у разі відсутності цих даних для конкретного навантаження або генерації;</p> <p><b>Тип виміру</b> – вибір варіанту задання навантаження:</p> <p><b>P,Q; P,cos; P,tg</b> – активна і реактивна потужність, активна потужність і косинус або тангенс навантаження;</p> <p><b>I,U,cos; I,U,tg</b> – модулі струму, напруги і косинус або тангенс навантаження;</p> <p><b>S,cos; S,tg</b> – повна потужність і косинус або тангенс навантаження;</p> <p><b>WP,WQ; WP,cos; WP,tg</b> – активна і реактивна електроенергія, активна електроенергія і косинус або тангенс навантаження;</p> <p><b>Розм. P,Q</b> – розмірність потужності: МВт (МВт·год) або кВт (кВт·год);</p> <p><b>Примітка</b> – текстова примітка, колонка "Прим." таблиці вузлів схеми;</p> <p>+ – додатковий текст до існуючої примітки, який буде доданий після введення навантаження.</p> <p><b>Вихідні навантаж.</b> – при включеній опції завжди використовується "Тип виміру" – "P,Q" з відображенням даних колонок "Рнав", "Qнав", "Рген" "Qген" таблиці вузлів, при виключеній опції використовується заданий "Тип виміру" з пустими полями вводу.</p>
<p><b>R,X</b></p>	<p><b>Параметри віток</b> – увімкнення режиму введення параметрів віток. Вікно введення параметрів з'являється при натисканні лівої кнопки миші на вітці.</p> <p>У вікні параметрів для внесення даних по лініях потрібно натиснути кнопку "Лінії", задати "Uном", ввести параметри лінії згідно правила "Довжина (в метрах) * марка", наприклад 5200*АОСБ-150 – довжина 5,2 км марки АОСБ-150. Послідовні ділянки лінії з різними марками поділяються символом "+", паралельні ділянки – символом "/", складні вирази беруться у дужки. Для розрахунку опору потрібно натиснути кнопку "Параметри":</p>


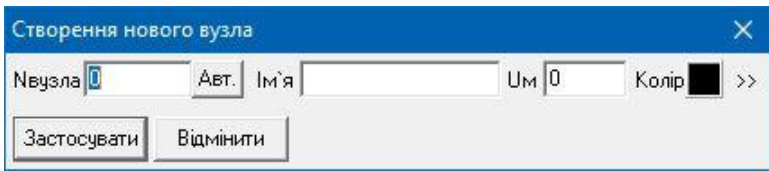

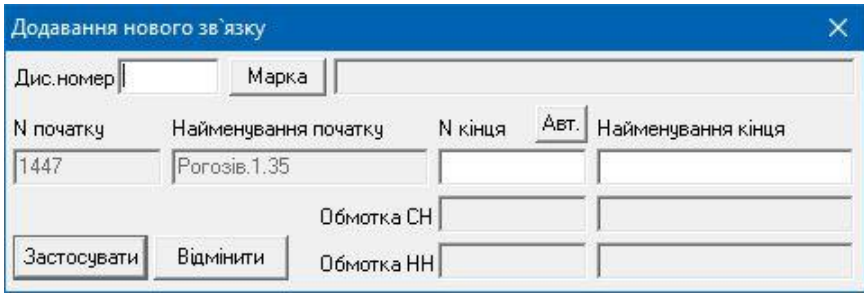







Для занесення даних двообмоткових трансформаторів потрібно натиснути кнопку "2-обм. тр-ри". Вибрати трансформатор можна із каталогу паспортних даних (індивідуальні паспортні дані для кожного трансформатора), натиснувши кнопку "Вибір тр-ра", або з каталогу довідникових даних, натиснувши кнопку "Довідник". Для розрахунку опору потрібно натиснути кнопку "Параметри". Якщо у трансформатора встановлено регулювання ПБЗ (РПН), то пересуванням відповідного регулятора можна змінювати коефіцієнт трансформації.

Занесення даних по триобмотковим і розщепленим трансформаторам виконується аналогічно до двообмоткових із зазначенням обмотки трансформатора.

**Wh Установка вимірювань** – увімкнення режиму введення перетоків електроенергії. Вікно введення перетоків з'являється при натисканні лівої кнопки миші на вітці або на вузлі.

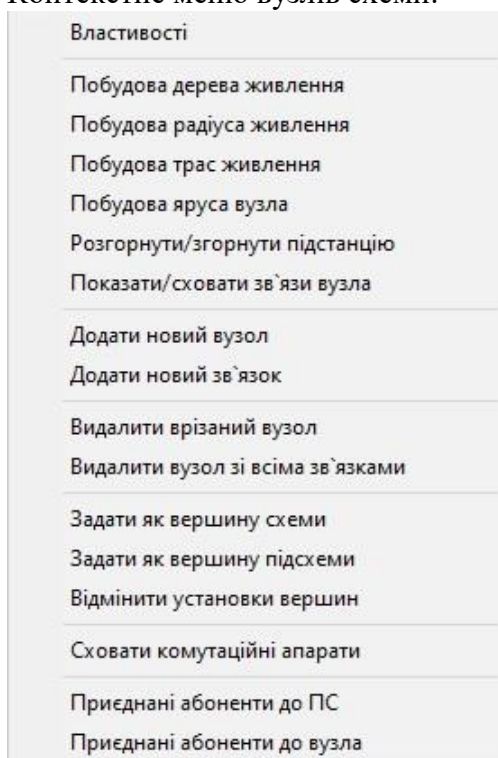
Виміри електроенергії вводяться у поля "WP→", "WQ→", "WP←", "WQ←". Номери графіків вводяться в поля "N гр.нав/ген" вручну або вибираються з каталогу по клавіші "Insert". За відсутності реактивного виміру вибирається "Тип виміру" – "WP,cos" або "WP,tg" для розрахунку реактивної складової. Якщо cos(tg) не заданий, то він

приймається рівним значенням "стандарт. знач. cos, tg". "Позначення виміру" записується в колонку "Позначення" таблиці перетоків або колонку "Прим." таблиці вузлів схеми. Номери та найменування початку та кінця вітки не редагуються (редакція в таблиці перетоків). Кнопками ←, → можна виконати перенесення виміру на вітки, що примикають до початку або кінця, за умови, що їх не більше однієї. Кнопкою ⇄ можна поміняти місцями початок і кінець вітки. В полі "Тип обліку" вибирається тип – технічний облік, (+) прийом в мережу, (-) видача із мережі. Місце установки (початок або кінець) вибирається в полі "Місце установки". В полі "Група: №" можна вказати номер групи вимірів. Видалення виміру здійснюється безпосередньо в таблиці

	перетоків.
	<p><b>Додати новий вузол</b> – додавання нового вузла до схеми:</p>  <p>У вікні створення нового вузла необхідно заповнити поля "Нвузла" (або натиснути кнопку "Авт." для автоматичного заповнення номера), "Ім'я" та "Um" (номінальна напруга для звичайних вузлів або задана для балансуєчих вузлів і вузлів з фіксацією модуля напруги).</p>
	<p><b>Додати новий зв'язок</b> – додавання нового зв'язку від вибраного вузла:</p>  <p>При додаванні зв'язку додається нова вітка та новий вузол. Для нової вітки вводиться диспетчерський номер лінії або трансформатора (необов'язково), параметри вітки вводяться за допомогою кнопки "Марка" – з'являється вікно "Параметри вітки", розглянуте вище. Для нового вузла "N кінця" вводиться вручну або заповнюється кнопкою "Авт.", у полі "Найменування кінця" водиться назва вузла.</p> <p>При додаванні триобмоткового або розщепленого трансформатора необхідно також заповнити номери та найменування нових вузлів для обмоток СН та НН.</p>
	<p><b>Додати лінію між вузлами</b> – увімкнення режиму проведення зв'язку між двома існуючими вузлами. Спочатку лівою кнопкою миші вибирається один вузол, а потім з натиснутою клавішею "Shift" лівою кнопкою миші вибирається інший вузол – в результаті має з'явитися новий зв'язок між цими вузлами. Після цього можна задати параметри нової вітки за стандартною процедурою (кнопка "R,X").</p>
	<p><b>Врізати вузол у лінію</b> – додавання нового вузла на існуючій лінії. Спочатку лівою кнопкою миші потрібно виділити лінію, в яку потрібно врізати вузол, а потім натиснути кнопку . Властивості врізаного вузла задаються аналогічно операції додавання нового вузла. Параметри лінії до врізання вузла переносяться на обидві ділянки, отримані після врізання.</p>
	<p><b>Видалити вузол зі всіма зв'язками</b> – видалення вибраного вузла з усіма зв'язками (вітками), що примикають до нього.</p>
	<p><b>Видалити лінію</b> – видалення вибраної лінії.</p>
	<p><b>Видалити врізаний вузол</b> – видалення вузла схеми, який має 2 зв'язки, з об'єднанням цих зв'язків в одну вітку. При цьому параметри двох віток підсумовуються.</p>
	<p><b>Зберегти зміни в схемі</b> – запис скоригованої схеми в таблиці вузлів та віток.</p>

Операції перегляду фрагментів схеми та редагування можна також здійснювати через контекстні меню, що з'являються при натисканні правою кнопкою миші на вузлі або вітці:

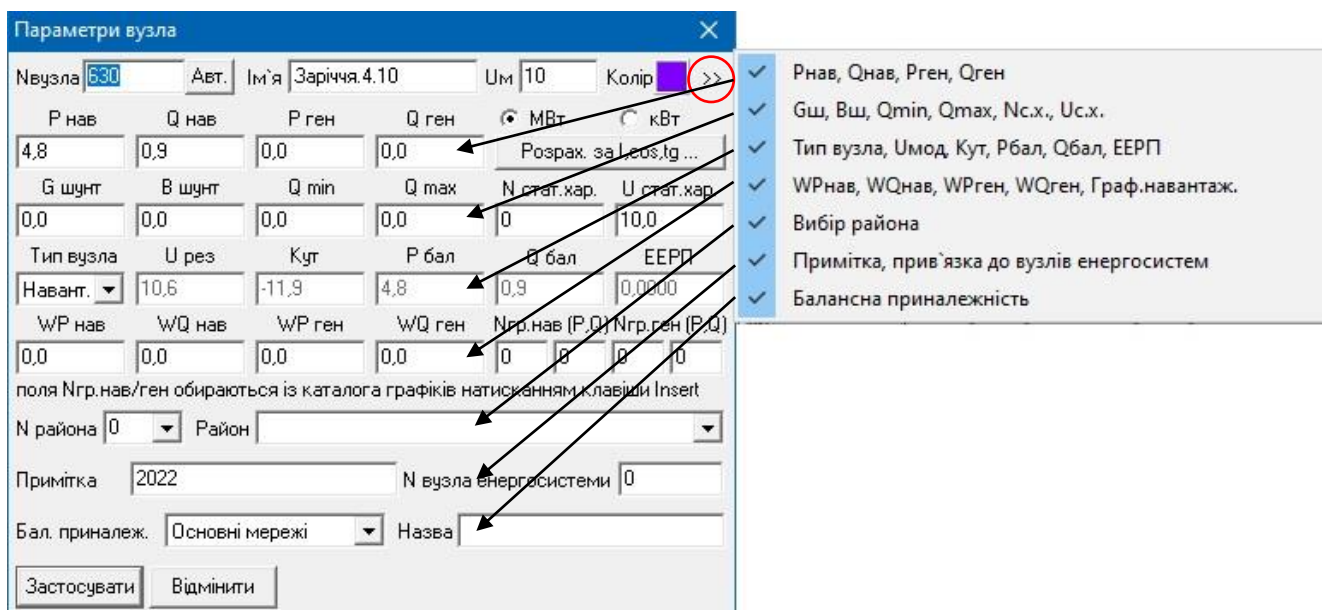
### Контекстне меню вузлів схеми:



### Контекстне меню віток схеми:



Для редагування властивостей вузла необхідно натиснути на ньому правою кнопкою миші і в контекстному меню вибрати пункт "**Властивості**". У вікні властивостей усі дані розбиті на групи, які можна показувати або приховувати за допомогою кнопки ">>". У повному обсязі вікно властивостей вузла показано нижче:



### Коментар:

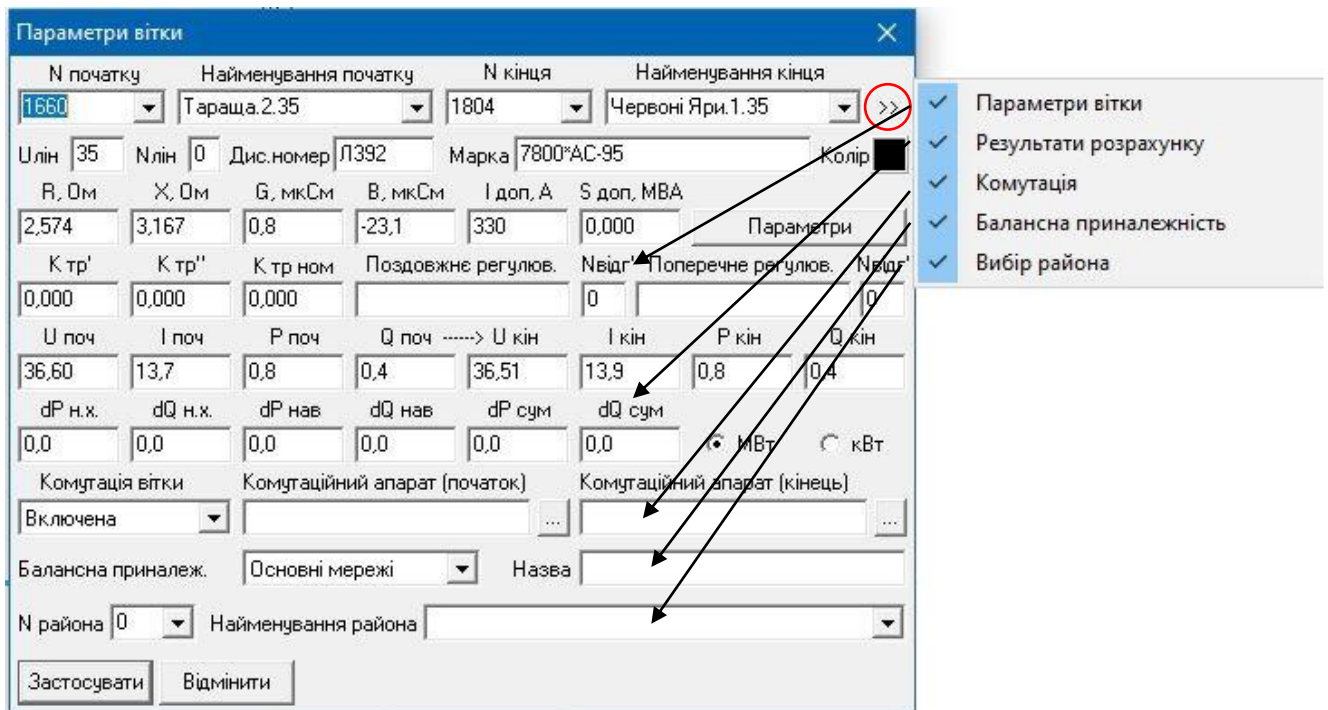
1. У вікні представлені дані таблиці вузлів схеми для конкретного вузла.
2. Індивідуальний колір вузла задається в боксі "**Колір**" натисканням лівої кнопки миші.
3. Навантаження можна задавати вручну або за допомогою кнопки "**Розрах. за  $I, \cos, tg$  ...**", а також представляти в МВт або кВт.
3. Поле "**Тип вузла**" містить такі типи:
  - Навант.** – звичайний навантажувальний вузол;
  - Баланс.** – балансує вузол (задаються поля "**Um**" та "**Кут**");
  - Фікс. U** – вузол з фіксацією модуля напруги (задається поле "**Um**").
4. Поля "**Uрез**", "**Кут**", "**Рбал**", "**Qбал**", "**ЕЕРП**" є розрахунковими (поле "**Кут**" задається тільки для балансує вузлів).

5. "**N району**" можна задавати вручну або вибирати зі списку, при цьому автоматично заповнюється поле "**Район**". Можна також вибирати зі списку "**Район**", тоді автоматично заповнюється "**N району**". Ці дані вибираються з таблиці районів схеми (меню "**Дані**" → "**Райони схеми**").

6. "**N вузла енергосистеми**" заповнюється при підготовці схем 150/110/35 кВ для розрахунків ЕЕРП D2 у комплексі КВАРЕМ.

7. "**Примітка**" – довільна текстова примітка.

Для редагування властивостей вітки необхідно натиснути на ній правою кнопкою миші і в контекстному меню вибрати пункт "**Властивості**". У вікні властивостей усі дані розбиті на групи, які можна показувати або приховувати допомогою кнопки ">>". У повному обсязі вікно властивостей вітки показано нижче:



Коментар:

1. У вікні представлені дані таблиці віток схеми для конкретної вітки.  
 2. Індивідуальний колір вітки задається в боксі "**Колір**" натисканням лівої кнопки миші.  
 3. Для зміни початку або кінця вітки потрібно вибрати зі списку відповідний номер або назву вузла. Списки можна відсортувати за номерами, натиснувши кнопку "**N початку**" або за назвами, натиснувши кнопку "**Найменування початку**".

3. Значення "**Улінь**" формується автоматично після розрахунку режиму: для лінії – номінальна напруга лінії, для трансформатора – номінальна напруга обмотки високої напруги. У полі "**Нлінь**" задається номер паралельної лінії. У полі "**Дис.номер**" вказується диспетчерський номер лінії або трансформатора. Поле "**Марка**" містить марку лінії або трансформатора (нередаговане поле).

4. Параметри **R, X, G, B, ...** можна задавати вручну або за допомогою кнопки "**Параметри**". Поле "**Ктр ном**" містить відношення номінальних напруг обмоток високої та низької сторін трансформатора, наприклад, для трансформатора марки ТМ-6300/36.75/10.5 номінальний коефіцієнт трансформації дорівнюватиме  $36.75/10.5=3.5$ . Поля "**Поздовжнє регулюв.**" та "**Поперечне регулюв.**" містять параметри регулювання трансформатора. Ці записи складаються із шести частин, розділених дефісами:

1. **ВН, СН, НН** – обмотка трансформатора.
2. **РПН, ПБЗ, ТПР** – поздовжнє регулювання (РПН, ПБЗ), поперечне регулювання (ТПР).
3. **П, О** – пряме або обернене регулювання. При прямому регулюванні збільшення номера відгалуження відповідає збільшенню числа витків регульованої обмотки.
4. Кількість відгалужень.

5. Номер номінального відгалуження.

6. Крок регулювання у відсотках.

Наприклад, запис ВН-РПН-П-19-10-1.78 означає, що поздовжнє регулювання РПН встановлено в обмотці ВН, всього відгалужень – 19, номінальне відгалуження – 10, крок регулювання – 1.78%. Для поперечного регулювання запис аналогічний, тільки замість РПН – ТПР.

За наявності таких записів зміна номерів відгалужень у полях "Nвідг" і "Nвідг'" призведе до автоматичного перерахунку коефіцієнтів трансформації в полях Kтр' і Kтр".



5. Поля Упоч, Іпоч, Рпоч, Qпоч, Укін, Ікін, Ркін, Qкін, dPн.х., dQн.х., dPнав, dQнав, dPсум, dQсум є розрахунковими. Позитивним напрямком перетоку прийнято напрямок від початку до кінця вітки. Перетоки потужності та втрати можна виводити в МВт або кВт за допомогою відповідного перемикача.

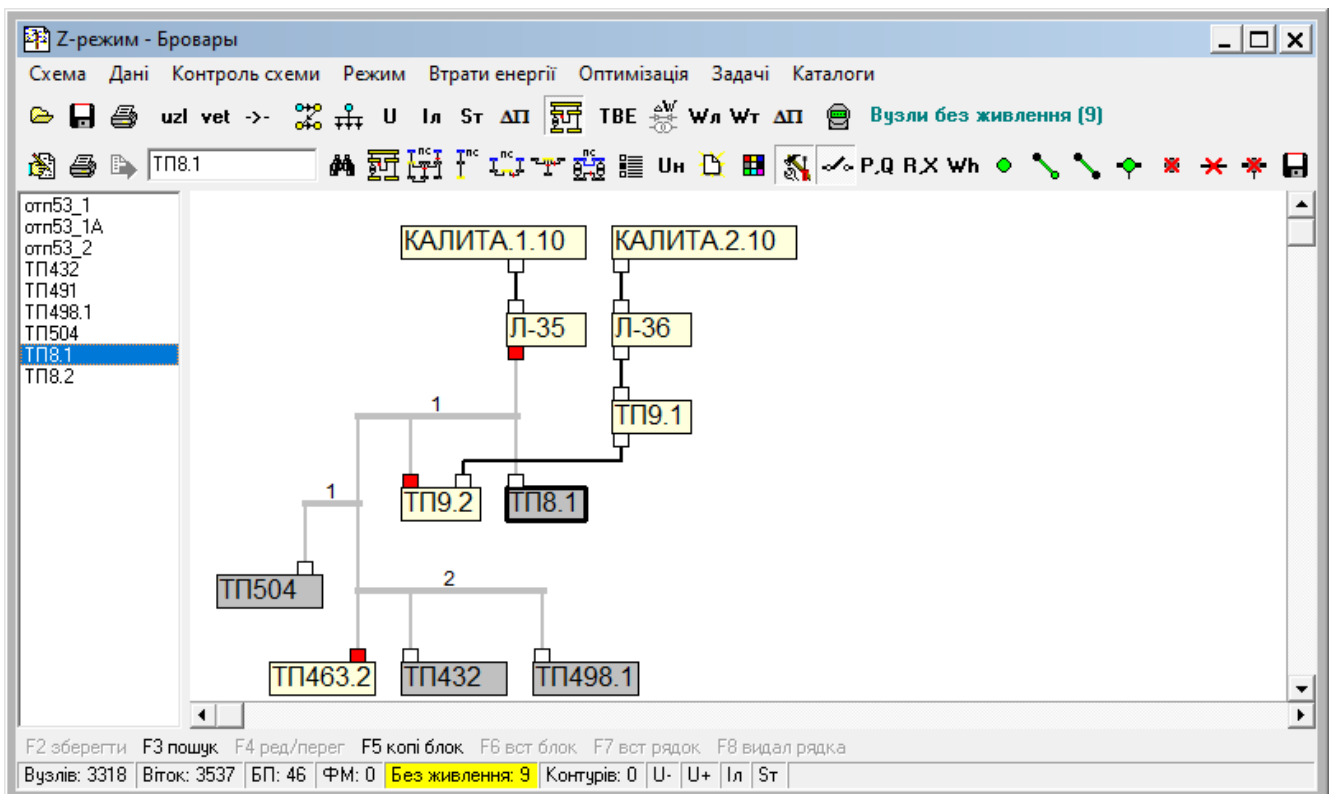
6. Стан комутації вибирається зі списку "Комутація вітки". Тип комутаційних апаратів на початку та в кінці лінії визначається символами: "В" – вимикач, "Н" – вимикач навантаження, "Р" – роз'єднувач, "П" – запобіжник, "Р" – реклоузер, "D" – реклоузер двосторонній, "S" – секціоналайзер, або вибирається із довідника кнопкою "...".




7. У списку "Балансна приналеж." можна визначити приналежність вітки: "Основні мережі", "Абонентські мережі", "Безгоспні мережі" або "Мережі інших ЕК".

8. Номер району вибирається аналогічно до вузлів.



#### 4.10.7. Пошук вузлів без живлення на графіці

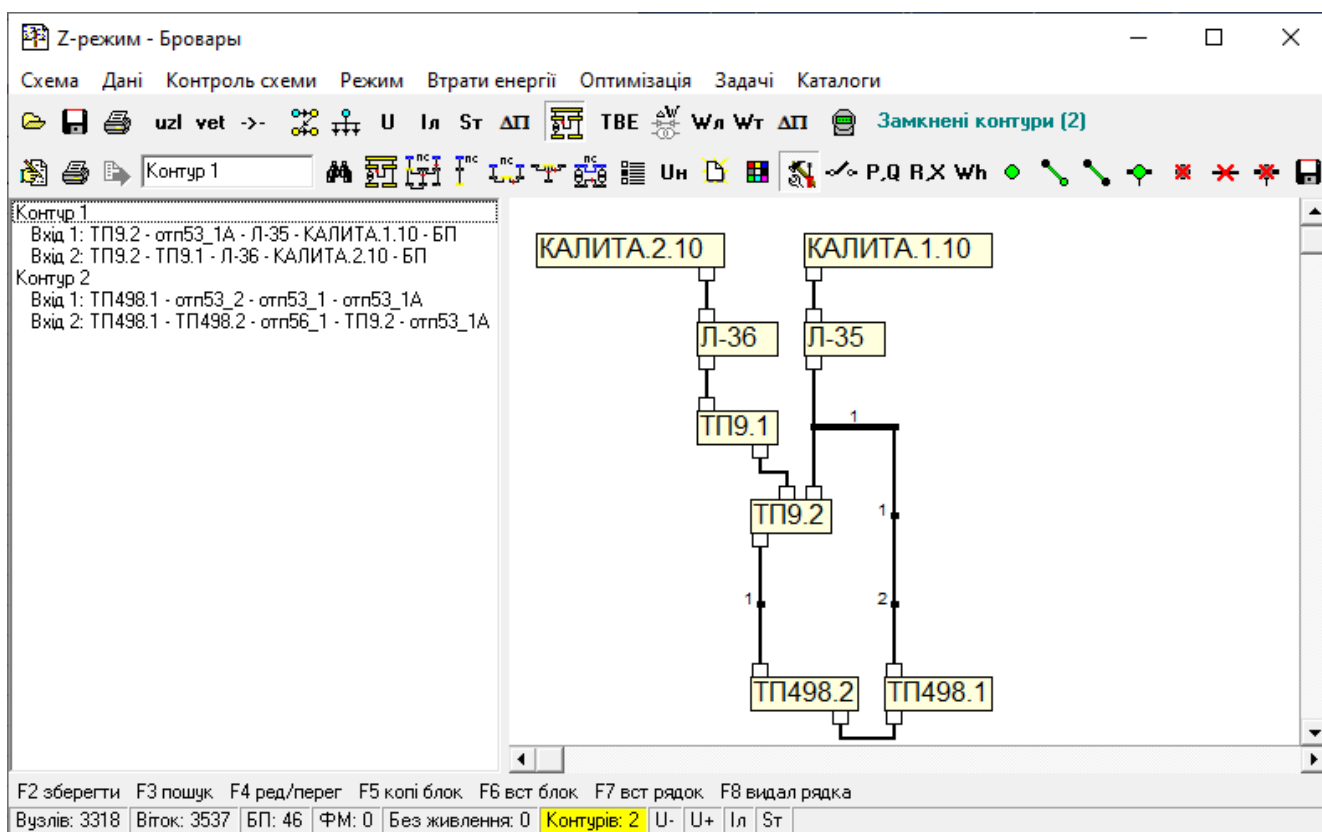
Попередньо в налаштуваннях графіки необхідно вимкнути опцію "Інтегральна схема" для того, щоб кожний вузол відображався окремо. Потім потрібно вибрати пункт меню "Контроль схеми" → "Вузли без живлення" – у лівій частині вікна з'явиться список вузлів без живлення. Якщо позначення вузлів не збігаються з вибраним форматом (наприклад, вибрано "за номером", а в списку – найменування вузлів), то потрібно виконати пункт меню "Контроль схеми" → "Аналіз конфігурації". Для очищення фрагменту потрібно натиснути кнопку  на панелі графіки, потім вибрати один вузол зі списку вузлів без живлення (натиснути на ньому лівою кнопкою миші – вибраний вузол повинен відобразитись у полі введення на панелі графіки), потім натиснути кнопку  на панелі графіки. В правій частині вікна відобразиться фрагмент схеми, що міститиме обраний вузол без живлення та розімкнені траси до джерел живлення:






Для увімкнення вузла можна увімкнути режим редагування (кнопка ) , режим зміни комутацій (кнопка ) та виконати перемикання. Перемикання фіксується кнопкою , при цьому увімкнений вузол видаляється зі списку вузлів без живлення. При увімкненій опції "Зберігання комутацій, параметрів ліній і трансформаторів в базу РЕМ" у налаштуваннях графіки зміни також зберігаються у файли бази РЕМ – \*.RSL, \*.RTP, \*.R04.

#### 4.10.8. Пошук замкнених контурів на графіці

Попередньо в налаштуваннях графіки необхідно вимкнути опцію "Інтегральна схема" для того, щоб кожен вузол відображався окремо. Потім потрібно вибрати пункти меню "Контроль схеми" → "Замкнені контури" – у лівій частині вікна з'явиться список замкнених контурів у схемі. Контур представляється двома входами – один і той самий вузол, на якому контур замкнувся. Два входи мають різні ланцюжки до одного і того ж вузла або до двох джерел живлення. Якщо позначення вузлів не збігаються з вибраним форматом (наприклад, вибрано "за номером", а в списку – найменування вузлів), то потрібно виконати пункт меню "Контроль схеми" → "Аналіз конфігурації". Для очищення фрагменту потрібно натиснути кнопку ) на панелі графіки, потім вибрати контур зі списку (натиснути на ньому лівою кнопкою миші – вибраний контур повинен відобразитись у полі введення на панелі графіки), потім натиснути кнопку ) на панелі графіки. В правій частині вікна з'явиться графічне відображення вибраного контуру:



Для розмикання контуру можна увімкнути режим редагування (кнопка ) , режим зміни комутацій (кнопка ) та виконати перемикання. Перемикання фіксується кнопкою , при цьому розімкнений контур видаляється зі списку контурів. При увімкненій опції "Зберігання комутацій, параметрів ліній і трансформаторів в базу РЕМ" у налаштуваннях графіки зміни також зберігаються у файли бази РЕМ – \*.RSL, \*.RTP, \*.R04.

#### 4.11. Задачі оптимізації

У програмному комплексі РАОТВ реалізовано наступні оптимізаційні задачі: оптимізація місць розривів, коефіцієнтів трансформації, реактивних потужностей, двотрансформаторних підстанцій і місць встановлення реклоузерів.



#### 4.11.1. Оптимізація місць розривів

Оптимізація місць розривів електричної мережі є експлуатаційною задачею зниження втрат активної потужності (електроенергії) за рахунок зміни конфігурації схеми шляхом вибору стану комутаційних апаратів на лініях і секціях підстанцій за критерієм мінімуму втрат активної потужності в максимальних режимах.

Оптимізація втрат полягає у серії розрахунків режиму схеми при переміщенні розриву по розімкненому контуру та порівнянні нового значення втрат із попереднім з метою пошуку мінімального значення. Під втратами розуміються **сумарні втрати активної потужності** (а не втрати в конкретному розімкненому контурі). Розімкнений контур може представляти зв'язок між двома джерелами живлення або контур всередині схеми (рис.4.2.).

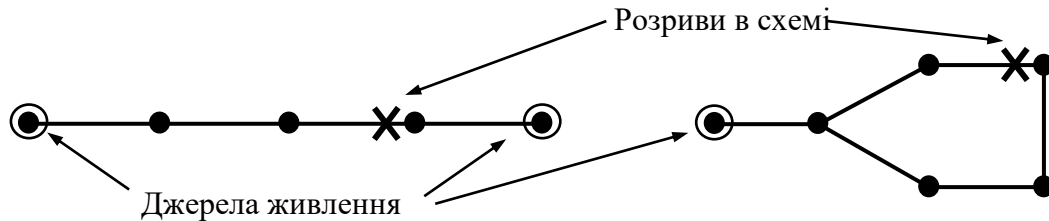


Рис.4.2. Приклади розімкнених контурів

В загальному випадку розрив можна рухати у двох напрямках – умовно "вліво" і "вправо". Програма оптимізації зрушує розрив від вихідного положення спочатку в одному напрямку (наприклад "вправо"), якщо зсув успішний (втрати зменшилися), то далі розрив рухається в цьому напрямку до неуспішного зсуву (втрати збільшилися), а потім робить один крок назад. У разі неуспішного першого зсуву "вправо" програма повертає розрив у вихідне положення, а потім зрушує "вліво" за тим самим принципом. В результаті розрив повинен опинитися в положенні, що характеризується мінімумом втрат. Приклад руху розриву показано на рис.4.3.

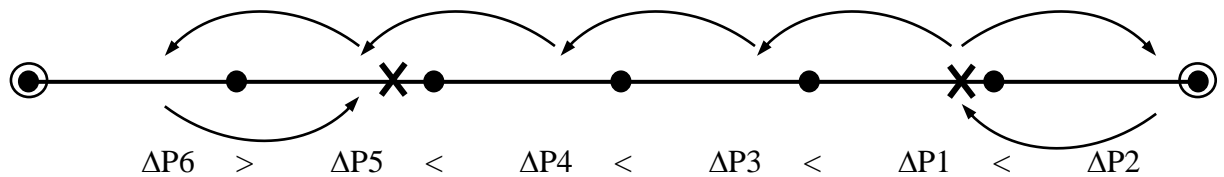


Рис.4.3. Приклад руху розриву по розімкненому контуру

На рис.4.3. вихідне положення розриву відповідає втратам  $\Delta P_1$ , зсув "вправо" неуспішний (втрати збільшилися,  $\Delta P_2 > \Delta P_1$ ), розрив повертається у вихідне положення і рухається "вліво" шляхом зменшення втрат до першого неуспішного зсуву ( $\Delta P_6 > \Delta P_5$ ), і після цього повертається в оптимальне положення (втрати =  $\Delta P_5$ ).

Для **однозначного визначення ланцюгів розімкнених контурів** на рух розривів накладаються певні конфігураційні обмеження: зсув розриву не повинен створювати області **вузлів без живлення**; зсув розриву не повинен розривати існуючі або створювати нові **замкнені контури**. Приклади таких обмежень показано на рис.1.3.

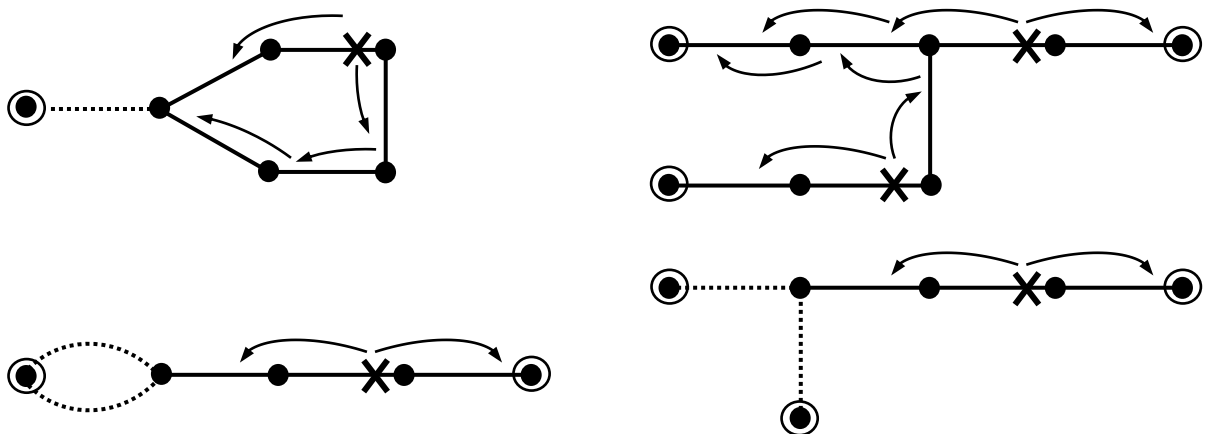


Рис.4.4. Можливі напрямки руху розривів.

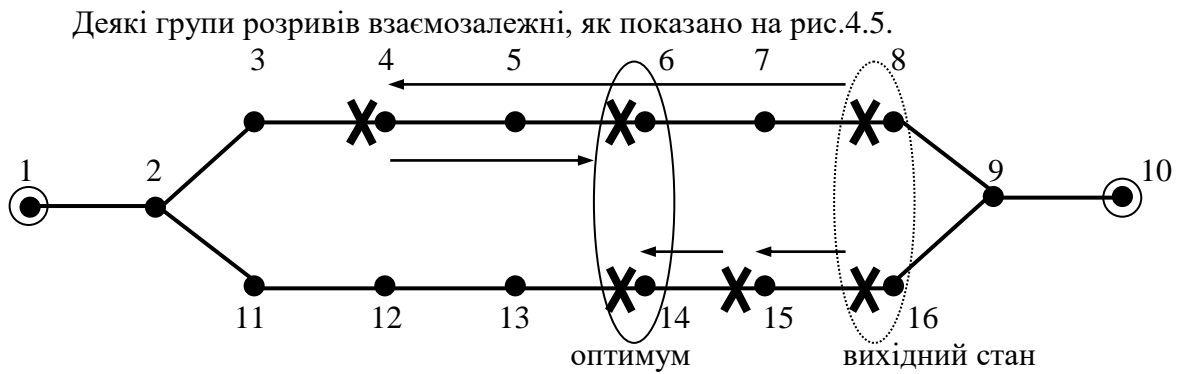


Рис.4.5. Пошук оптимального положення розривів у дві ітерації

На рис. 4.5 два джерела живлення (вузли 1 і 10) з'єднані двома розімкненими трасами з розривами на лініях 8 – 7 та 16 – 15 (першим записується вузол, з боку якого встановлено розрив). Після першої ітерації програма оптимізації встановить розрив 8 – 7 у положення 4 – 3, а розрив 16 – 15 у положення 15 – 14. Однак це ще не оптимальне положення розривів, і потрібно зробити другу ітерацію, яка встановлює розрив 4 – 3 у положення 6 – 5, а розрив 15 – 14 в положення 14 – 13, що є оптимальним для цієї схеми.

У загальному випадку програма оптимізації виконує таку кількість ітерацій (але не більше заданого максимуму), щоб кожен розрив досяг свого оптимуму і не рухався з нього.

Зсув розриву, при якому втрати не змінюються, вважається успішним (наприклад, перехід через кільцевий роз'єднувач, через секційний вимикач, тобто через вузол без навантаження або нульовий опір лінії). У ряді випадків, щоб досягти оптимуму, потрібно пройти такі "нульові" зрушення. На рис.4.6 наведено траєкторію руху розриву та графік втрат.

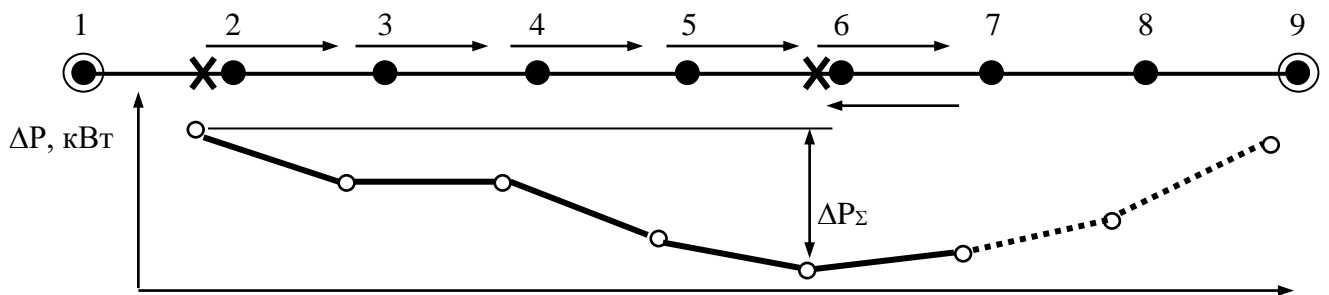


Рис. 4.6. Траєкторія досягнення оптимуму втрат

На рис 4.6 рух розриву 2 – 1 у бік оптимуму 6 – 5 пов'язаний з переходом через "нульовий" зсув 3 – 2 → 4 – 3. Якщо розрив має декілька "нульових" переходів, що перебувають у області оптимуму, кожен прохід оптимізації змінюватиме його стан. Ця ситуація обходиться за допомоги обмеження максимальної кількості ітерацій в процесі оптимізації. Для рис.4.6 сумарний зсув становить 2 – 1 → 6 – 5, а величина оптимізації =  $\Delta P_{\Sigma}$ .

Ситуація на рис 4.6 характерна для схем 10(6) кВ, коли джерелами живлення виступають секції 10(6) кВ підстанцій 110, 35 кВ. Для таких схем кожен розрив має єдиний оптимум втрат, який досягається послідовним пересуванням розриву у бік зменшення втрат.

Пересування розривів мереж 35 кВ у схемах 110/35 кВ може викликати перерозподіл перетоків і, відповідно, втрат у мережі 110 кВ. При цьому можливі ситуації появи **локальних мінімумів** втрат, рис.4.7.

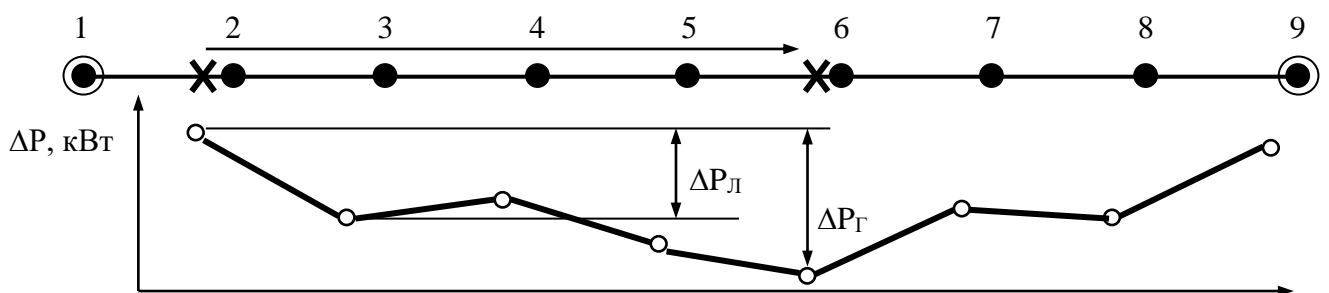


Рис. 4.7. Пошук глобального мінімуму втрат

У ситуації рис.4.7 переміщення розриву з вихідного стану 2 – 1 до 3 – 2 дає зменшення втрат, а зсув на 4 – 3 дає збільшення втрат і призводить до повернення розриву у положення 3 – 2. При цьому досягнуто **локального мінімуму** (зниження втрат на  $\Delta P_L$ ). Для того, щоб визначити **глобальний мінімум** втрат (зниження втрат на  $\Delta P_T$ ), необхідно по черзі встановлювати розрив у всі можливі стани незалежно від його початкового стану. Алгоритм пошуку глобального мінімуму втрат потребує більшого обсягу часу, але при оптимізації розривів у мережах 35 кВ може дати більший ефект.

Оптимізація може виконуватися з урахуванням **низки обмежень**:

- врахування **фіксованих розривів**, які за умовами надійності електропостачання, наявності АВР (автоматичне введення резерву), або за іншими умовами роботи мережі, не повинні змінювати своє положення;
- розрив на лінії, відключений з двох сторін, не бере участі в оптимізації (лінія вважається пошкодженою або перебуває в ремонті);
- позначка місць відсутності комутаційних апаратів для того, щоб програма оптимізації помилково не встановила розрив на це місце;
- введення штрафної функції щодо перевантажень ліній за струмами – оптимальне місце розриву буде обиратись з урахуванням мінімуму перевантажень всіх ліній.

Ознаки розривів на лініях та секційних вимикачах задаються символами "Н" – розрив з початку лінії, "К" – розрив в кінці лінії, "О", "П" – розриви з двох сторін, "Ф" – фіксований розрив (в кінці лінії) в колонці "к" (комутація) таблиці віток схеми. Відсутність комутаційного апарату визначається символом "-" в колонках "Ком.ап.поч", "Ком.ап.кін", таблиці віток схеми.

Для оптимізації місць розривів необхідно в головному меню комплексу вибрати пункт "Оптимізація" → "Місця розривів". Вікно оптимізації місць розривів показано нижче.

№	Un	t	k	Розрив	в сторону	Нов. розрив	в сторону	dP, кВт
89	10			ТП614.2	ТП561	РП14	_157	54.9
90	10			ТП63.2	ТП63.1			
91	10			ТП632.2	_629			
92	10			ТП637.2	ТП557.1			
93	10			ТП651.2	ТП651.1			
94	10			ТП654	ТП608.1			
95	10			ТП659.2	_1103			
96	10			ТП667.2	ТП667.1			
97	10			ТП679.2	ТП679.1			

Ланцюг живлення "вліво" | Ланцюг живлення "вправо"

Новий розрив

Кнопки зсуву розриву "вліво", "вправо" або зміна положення

Індикатори успішного зсуву і перевантаження за струмом

Поточні втрати

Величина оптимізації

Оптимізація = 54.9 кВт

Позначення початку лінії (точка розриву)

Un – номінальна напруга вітки; t – ознака трансформаторної вітки (символ "Т");  
 k – ознаки: "О" – розрив з двох сторін; "Ф" – фіксований розрив; "-" – розрив у бік фрагмента без живлення. Розриви з цими ознаками не беруть участі у процесі оптимізації;  
 "1" – позначка для оптимізації групи розривів визначених користувачем;

**Розрив, в сторону** – вихідне положення розриву;

**Нов. розрив, в сторону** – нове (оптимізоване) положення розриву;

**dP, кВт** – економія втрат активної потужності, отримана від переміщення розриву.

Налаштування оптимізаційних параметрів виконується після натискання кнопки "Параметри". Вікно "Налаштування оптимізації розривів" показано нижче:

Секція "Вибірка розривів" служить для формування списку розривів, що оптимізуються:

- "Повний перелік розривів" – формується повний перелік розривів у схемі;
- "За ознакою" – ручна вибірка групи розривів. У колонці "к" таблиці задаються ознаки "1" для групи розривів, за якими виконуватиметься оптимізація;
- Опція "За зниженням втрат не менше ... кВт" – при оптимізації пересуваються лише ті розриви, переміщення яких дає зменшення втрат не менше заданої величини;
- Опція "Рівні напруг ... кВ" – одна або перелік (з роздільником ";") номінальних напруг віток для оптимізації;
- Опція "Виключити трансформаторні вітки" виключає з переліку розривів трансформаторні вітки (ознака "Т");
- Опція "Врахув. перевищення допустимих струмів" – врахування штрафної функції за перевищення допустимих струмів, що має пріоритет над функцією втрат потужності.

Налаштування оптимізації розривів

Вибірка розривів

Повний перелік розривів

За ознакою (в колонці "к" символ "1")

За зниженням втрат не менше 5 кВт

Рівні напруг [ ] кВ

Виключити трансформаторні вітки

Врахув. перевищення допустимих струмів

Алгоритм оптимізації

Зупинка на локальному мінімумі втрат

Пошук глобального мінімуму втрат

Зупинка на трансформаторних вітках

Максимум ітерацій за переліком розривів 10

Застосувати Відмінити

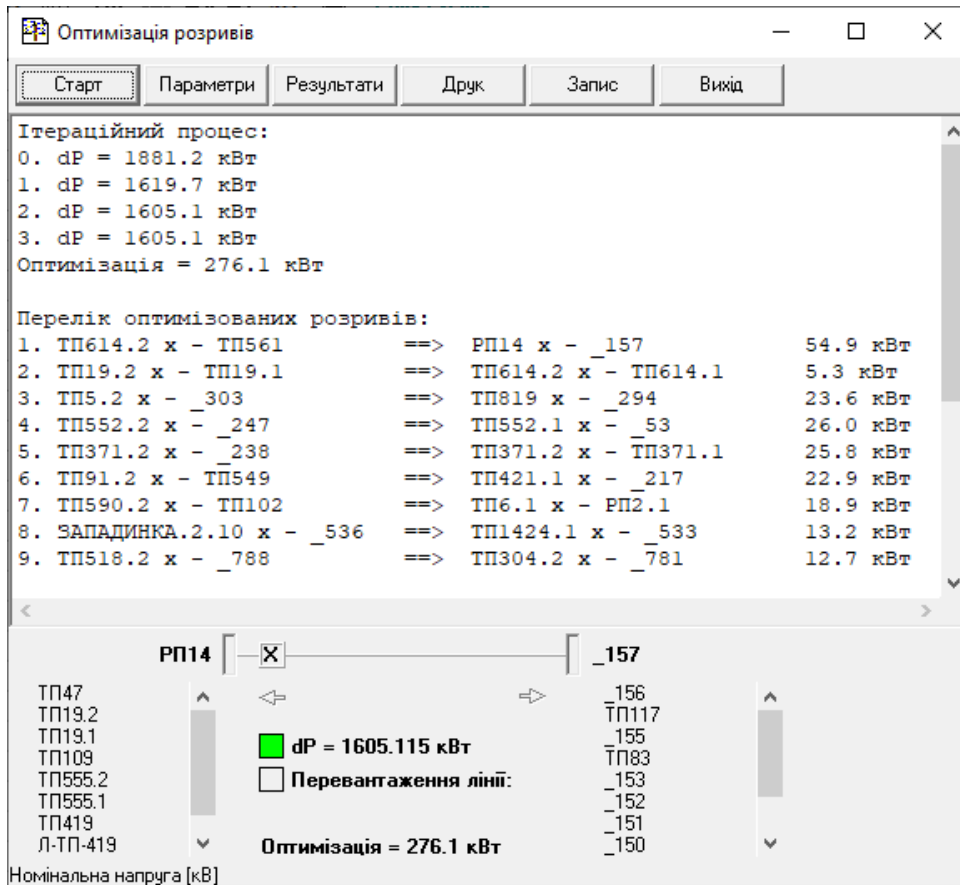
Секція "Алгоритм оптимізації" служить для вибору принципу, за яким проводитиметься пошук оптимальних положень розривів:

- "Зупинка на локальному мінімумі втрат" – положення розриву змінюється від поточного у бік зменшення втрат до досягнення мінімуму;
- "Пошук глобального мінімуму втрат" – виконується повний перебір усіх можливих положень розриву для пошуку мінімуму втрат. Цей варіант вимагає більше машинного часу, ніж пошук локального мінімуму, зазвичай він застосовується для оптимізації мереж 35 кВ, які можуть мати точки локальних мінімумів;
- Опція "Зупинка на трансформаторних вітках" забороняє зсув розривів через трансформаторні вітки, тобто, переміщення розривів у вітки з іншим класом напруги.

"Максимум ітерацій за переліком розривів" – послідовна оптимізація місць розривів вимагає повторних циклів, оскільки зміна положень одних розривів може сприяти появі більш оптимальних положень інших. Процес оптимізації закінчується, коли жодний розрив не змінив свого положення або по досягненні максимуму ітерацій (процес може зациклюватись).

Після вибору налаштувань здійснюється оптимізація втрат потужності за сформованим списком розривів. Процес оптимізації для кожного розриву можна виконати в ручному режимі, для цього у нижній частині вікна оптимізації відображається поточний розрив, а праворуч і ліворуч від нього показані живлячі ланцюжки, за якими можливий зсув розриву. Ручний зсув розриву здійснюється кнопками ←, →, зміна положення розриву в лінії (початок ↔ кінець) – кнопкою ↔. Нижче відображається значення втрат активної потужності у схемі для поточного стану розривів. Зменшення сумарних втрат фіксується зеленим кольором індикатора, збільшення – червоним. Перевищення допустимих струмів у ланцюжку розриву фіксується червоним кольором індикатора "Перевантаження лінії" та виведенням текстового запису лінії з максимальним відхиленням струму від допустимого. Оптимізовані значення втрат відносно вихідних відображаються в нижній частині вікна (Оптимізація = ... кВт). Переміщення розриву здійснюється до моменту збільшення втрат з поверненням у попереднє (оптимальне) положення.

Автоматична оптимізація виконується натисканням кнопки "Старт". Перед початком оптимізації список розривів сортується за величиною індивідуальної оптимізації (без врахування зміни інших розривів) для того, щоб спочатку оптимізувалися розриви, що показують найбільший ефект. В результатах цей процес фіксується записом "Ітераційний процес" – нульова ітерація з виводом початкових втрат, наприклад, "0. dP = ... кВт". Потім виконуються кроки оптимізації за повним переліком розривів із фіксацією втрат після кожної ітерації. Процес закінчується коли жодний розрив не змінив свого положення або при досягненні максимуму повторів. Формат результатів автоматичної оптимізації наведено нижче.



За результатами, показаними у вікні вище, маємо 3 ітерації, втрати зменшилися з 1881.2 до 1605.1 кВт (сумарна оптимізація = 276.1 кВт). Початкові та нові положення розривів, а також величини оптимізації від переміщення кожного розриву показані у списку "Перелік оптимізованих розривів". Слід мати на увазі, що величини оптимізації конкретних розривів є **відносними значеннями**, тобто за іншої послідовності або за іншого переліку величина оптимізації від переміщення конкретних розривів може змінюватись.

Повернення до таблиці розривів здійснюється натисканням правої кнопки миші та вибором пункту "Закрити". Повернення до результатів оптимізації здійснюється натисканням кнопки "Результати". Нові положення розривів відображаються в колонках "Нов. розрив", "в сторону". Таблиця та вікно оптимізованих розривів виводяться на друк кнопкою "Друк". Кнопкою "Запис" виконується запис нових положень розривів у файл віток схеми.

#### 4.11.2. Оптимізація реактивних потужностей

Оптимізація реактивних потужностей вузлів ( $Q$ ) за критерієм мінімуму сумарних втрат активної потужності ( $\Delta P$ ) може використовувати методи 1-го і 2-го порядку, які, в свою чергу, використовують похідні  $\partial(\Delta P)/\partial Q$  першого і другого порядку. В комплексі РАОТВ перші похідні (градієнти –  $g_i$ ) і другі похідні (елементи матриці Гесе –  $G_{ii}$ ) визначаються чисельним способом за трьома точками:  $Q_i - \Delta Q$ ,  $Q_i$ ,  $Q_i + \Delta Q$  і відповідними сумарними втратами  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$ ,  $\Delta P_3$  (рис.4.8).

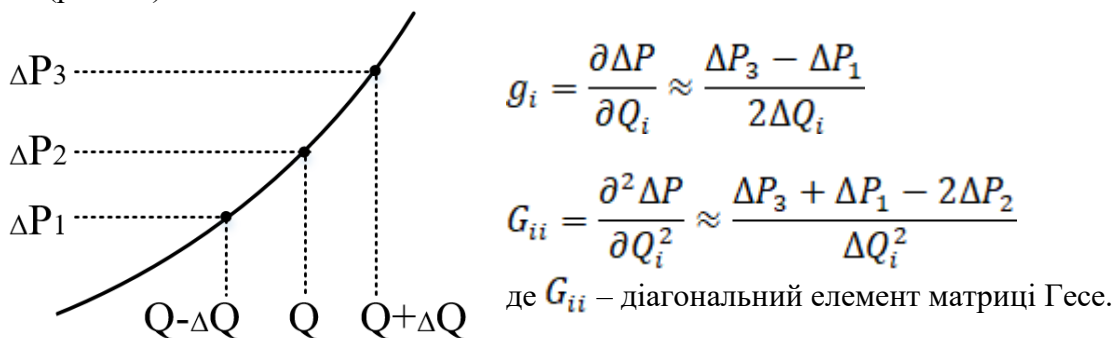


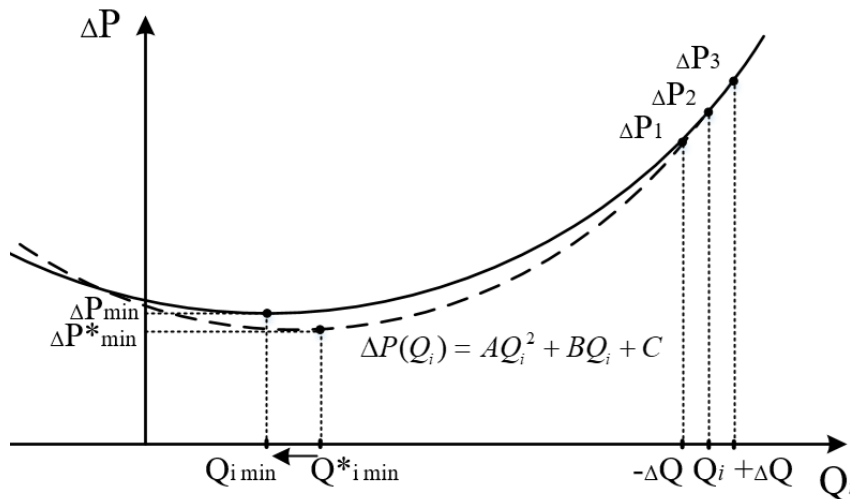
Рис.4.8. Визначення першої і другої похідної  $\partial(\Delta P)/\partial Q$  за трьома точками

При цьому значення  $\Delta Q_i$  повинні бути досить малими, оскільки обчислюється похідна, а з іншої сторони достатніми для відчутної різниці між  $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3$ . Для практичних розрахунків можна прийняти значення  $\Delta Q_i = U_{\text{ном}} \cdot 10^{-3}$ , а точність розрахунків режиму повинна сягати  $10^{-6} - 10^{-8}$  для достатньої точності розрахунку втрат.

В методах оптимізації будемо використовувати наступні терміни:

**Одновимірна оптимізація (мінімізація)** – пошук мінімуму для однієї координати (функції однієї змінної) або для заданого напрямку (функції багатьох змінних, що мають визначений напрям вектору приростів). Одновимірну оптимізацію будемо реалізовувати апроксимацією функції  $\Delta P(Q_i)$  параболою  $\Delta P(Q_i) = A Q_i^2 + B Q_i + C$ , де коефіцієнти  $A, B, C$ , визначаються трьома точками  $\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3$  (рис. 4.9).

**Уточнення точки мінімуму** – апроксимована і реальна функція втрат  $\Delta P(Q_i)$  мають розбіжності оптимальних точок  $Q_{i \min}^*$  і  $Q_{i \min}$  (рис. 4.9). Деякі методи можуть потребувати уточнення  $Q_{i \min}^* \rightarrow Q_{i \min}$ , цей процес в комплексі РАОТВ реалізовано серією розрахунків режимів з додаванням до  $Q_{i \min}^*$  деякої величини  $\Delta Q$ , яка змінює знак і зменшується вдвічі при зростанні  $\Delta P$ . Зауважимо, що цей процес може суттєво збільшувати час оптимізації і вважається недоліком методу.



$$A = \Delta P_1 + \Delta P_3 - 2\Delta P_2;$$

$$B = (\Delta P_1 - \Delta P_3) \cdot \Delta Q;$$

$$Q_{i \min}^* = -\frac{B}{2A}$$

Рис.4.9. Одновимірна оптимізація функцією параболі з уточненням мінімуму

Оскільки визначення похідних реалізується за трьома точками (рис. 4.8), будемо також використовувати ці точки для апроксимації функції втрат параболою (рис. 4.9).

Далі наведено опис методів оптимізації з графічною інтерпретацією у двовірному просторі, тобто для двох точок.

#### Метод найшвидшого спуску (НС):

В методі використовується класична формула спуску за вектором-градієнтом:

$$Q^{t+1} = Q^t + \lambda^t \cdot g^t,$$

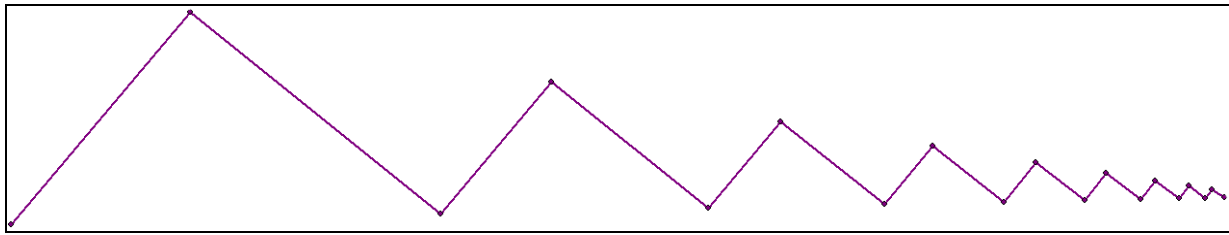
де  $Q^{t+1}, Q^t$  – вектор реактивних потужностей відповідно на  $t$ -му і  $t + 1$ -му кроці спуску;

$g^t$  – вектор градієнтів на  $t$ -му кроці;  $\lambda^t$  – величина кроку на  $t$ -му кроці.

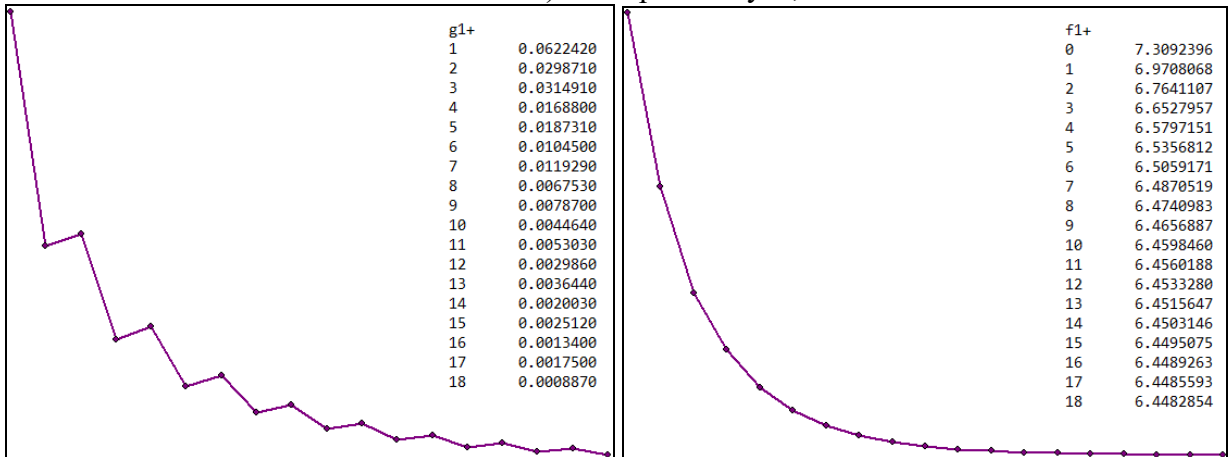
В цьому методі **напрямок кроку** визначається **вектором-градієнтом**, а **величина кроку**  $\lambda$  визначається одновимірною оптимізацією у напрямку кроку за допомогою апроксимації функції втрат параболою:



При точному визначенні кроку  $\lambda$  кожен наступний напрям руху  $g^{t+1}$  буде ортогональним попередньому напрямку  $g^t$ , що для двох точок виглядає як зміна напрямку руху на  $90^\circ$ . Приклад траєкторії векторного спуску, а також графіки зміни максимального градієнта і функції втрат для методу найшвидшого спуску показано нижче.



а) векторний спуск;



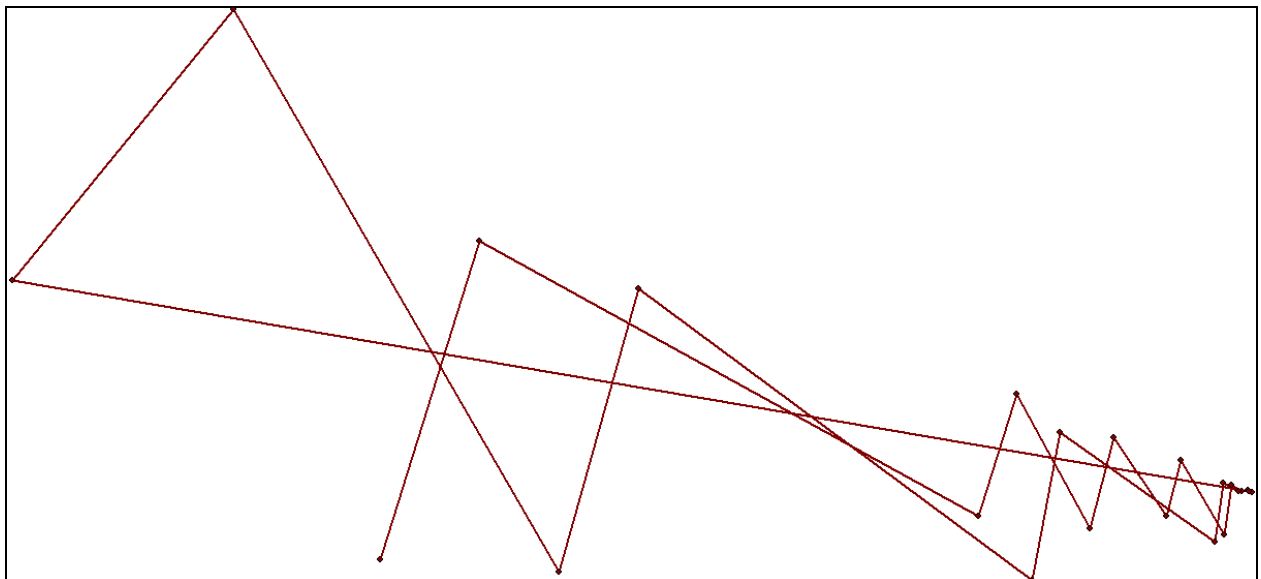
б) максимальний градієнт;

в) функція втрат;

Слід відзначити два серйозні **недоліки методу найшвидшого спуску**:

- навіть для простих схем метод збігається за досить велику кількість ітерацій (в нашому випадку – 18 кроків);
- на кожному кроці потребується **уточнення точки мінімуму**  $Q_{i \min}^* \rightarrow Q_{i \min}$ , що може значно збільшити витрати часу.

Траєкторія методу без уточнення  $Q_{\min}$  показана нижче:



Як видно з графіку траєкторії при наближенні до оптимуму метод може відкидати координати спуску на значну відстань від оптимуму і повторювати процес знову. Процес може збігатися випадковим чином.

### Метод спрощення матриці Гесе або метод координатного спуску (метод КС):

Суть методу полягає в тому, що паралельно з обчисленням градієнту виконується **одновимірна оптимізація** для кожної окремої координати. Формула спуску має вигляд:

$$Q^{t+1} = Q^t + \lambda^t \cdot \Delta Q_{\text{опт}}^t,$$

де  $\Delta Q_{\text{опт}}^t$  – вектор оптимальних приростів, визначений за одновимірними оптимізаціями.

Згідно формул рис.4.8 і 4.9 значення вектору  $\Delta Q_{\text{опт}}^t$  визначаються за формулою:

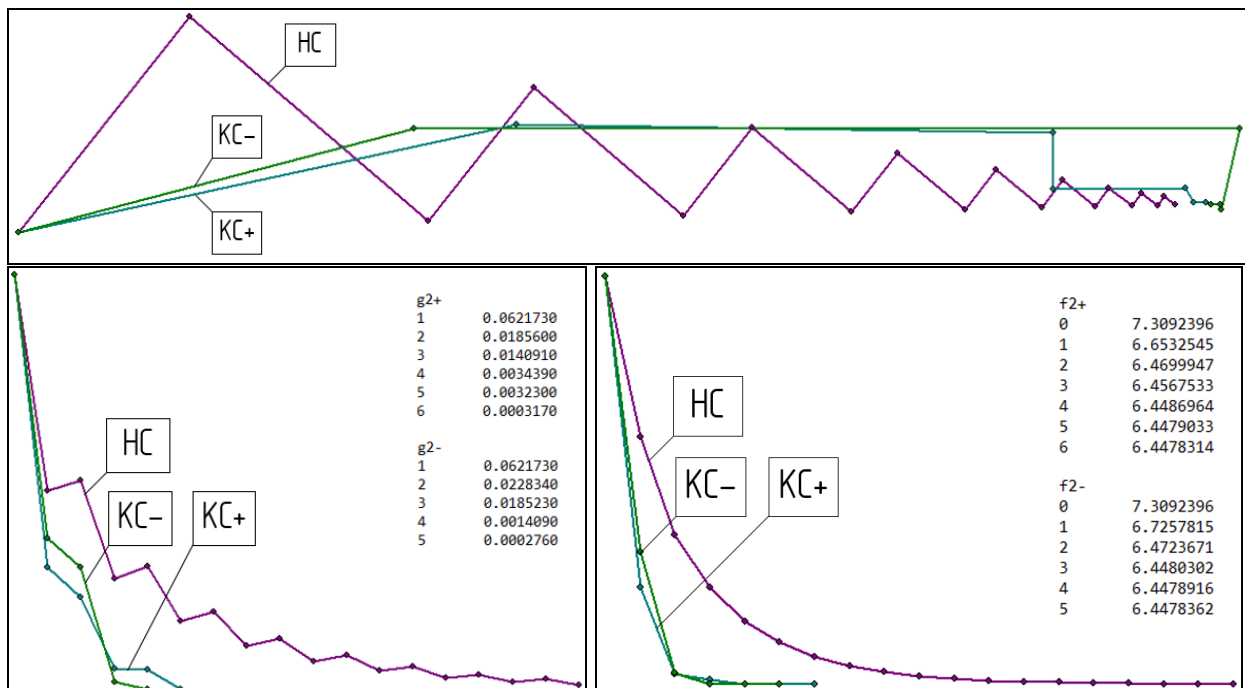
$$\Delta Q_{\text{опт}} = \frac{(\Delta P_3 - \Delta P_1) \cdot \Delta Q}{2(\Delta P_1 + \Delta P_3 - 2\Delta P_2)}, \text{ або } \Delta Q_{\text{опт}} = \frac{g_i}{G_{ii}}.$$

Друге співвідношення дало назву метода, тобто використовується спрощена матриця Гесе (тільки діагональні елементи). В залежності від варіанту визначення кроку  $\lambda$  будемо розрізняти дві варіації методу:

**КС+** : значення  $\lambda^t$  визначається одновимірною оптимізацією у напрямку  $\Delta Q_{\text{опт}}^t$ ;

**КС-** : значення  $\lambda^t$  визначається для кожної координати як відношення градієнту координати до довжини вектору градієнту:  $\lambda_i^t = \frac{g_i}{\sqrt{\Sigma g_i^2}}$ .

Траєкторії спуску методів КС+, КС- у порівнянні з методом НС показано нижче.



Методи КС+, КС- збігаються значно швидше за метод НС – відповідно 6 і 5 ітерацій проти 18. Метод не примхливий до точності визначення  $\Delta Q_{\text{опт}}$ .

### Метод спряжених градієнтів (метод СГ):

Метод базується на методі спряжених напрямів, що використовується для розв'язання систем лінійних рівнянь із симетричною матрицею, який також знайшов застосування для розв'язання лінеаризованих нелінійних систем рівнянь.

Перший крок методу збігається з методом НС, тобто виконується крок в точку оптимуму за напрямом вектора-градієнта. Наступні кроки визначаються з урахуванням попередніх кроків за формулами:

$$Q^{t+1} = Q^t + \lambda^t \cdot p^t, \quad p^t = -g^t + w \cdot p^{t-1}, \quad w = \frac{\Sigma g_i^{t^2}}{\Sigma g_i^{t-1^2}},$$

де  $p^t, p^{t-1}$  – поточний і попередній напрями спуску.

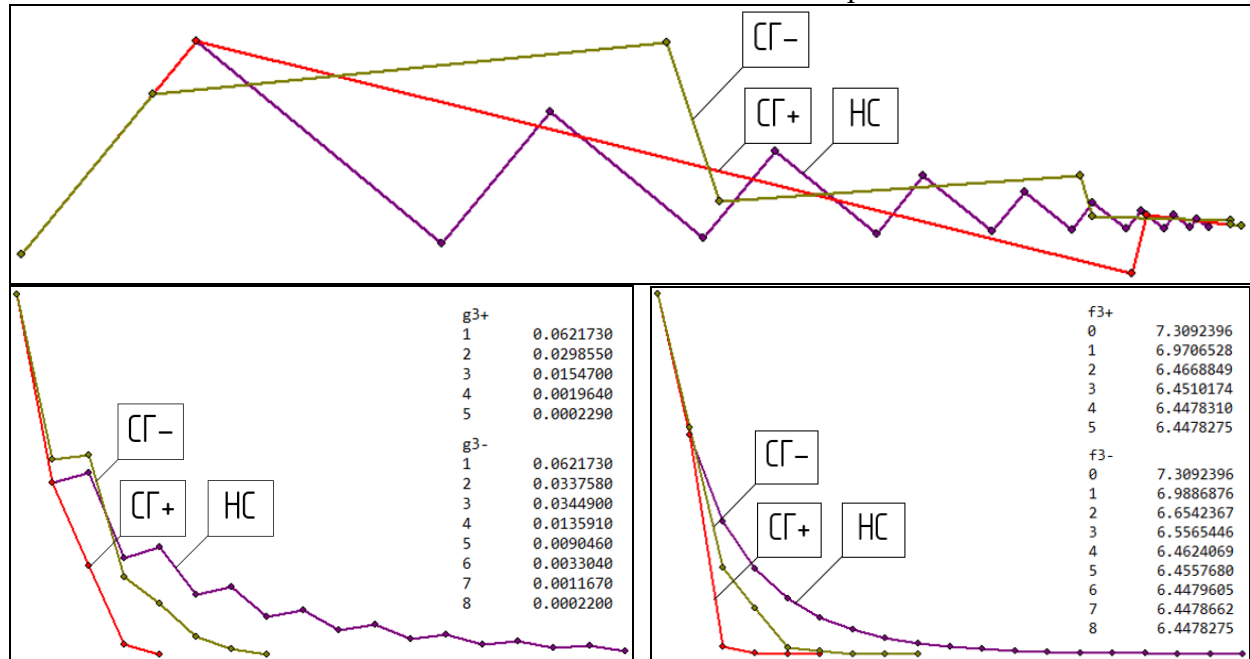


Значення  $\lambda^t$  визначається **одновимірною оптимізацією** у напрямку кроку  $p^t$ . **Швидкість збігання** методу СГ залежить від **точності визначення  $\lambda^t$** , тобто після одновимірної оптимізації бажано уточнювати  $\lambda^t$ . Будемо розрізняти два варіанти методу:

**СГ+** : розрахунок  $\lambda$  за квадратичною апроксимацією з уточненням;

**СГ-** : розрахунок  $\lambda$  за квадратичною апроксимацією без уточнення.

Траєкторії спуску методів СГ+, СГ- у порівнянні з методом НС показано нижче. Обидва методи збігаються швидше за метод НС – відповідно 5 і 8 ітерацій СГ+ і СГ-.



### Метод спуску за Ньютонівським напрямом (метод N):

Метод базується на апроксимації поверхні функціоналу квадратичною формою, що є розкладанням функціоналу у ряд Тейлора і обмеженням другим порядком похідних:

$$F(Q + \Delta Q) \approx F(Q) + \Delta \bar{Q} \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \Delta \bar{Q} \cdot G \cdot \Delta Q,$$

де  $\Delta Q, \Delta \bar{Q}$  – вектор-стовпець і вектор-рядок приростів  $\Delta Q_i$ ;

$G$  – матриця Гесе;

$F(Q)$  – значення функціоналу, в нашому випадку значення втрат при заданому векторі  $Q$ ;

$F(Q + \Delta Q)$  – невідома точка оптимуму функціоналу  $F$ .

Умовою знаходження мінімуму функціоналу  $F(Q + \Delta Q)$  є рівність нулю часткових похідних  $\frac{\partial F}{\partial \Delta Q_i}$ . Продиференціювавши праву частину функціоналу  $F(Q + \Delta Q)$  за аргументами  $\Delta Q_i$  і прирівнявши її до нуля, отримуємо систему рівнянь:

$$g + G \cdot \Delta Q = 0, \text{ звідки } \Delta Q = -g \cdot G^{-1}.$$

Таким чином спуск за Ньютонівським напрямом відбувається за формулою:

$$Q^{t+1} = Q^t + \Delta Q^t,$$

де значення  $\Delta Q^t$  на кожному кроці визначається виразом  $\Delta Q = -g \cdot G^{-1}$ .

Значення недиагональних елементів матриці Гесе розраховуються за формулою:

$$G_{ij} = \frac{\partial^2 \Delta P}{\partial Q_i \partial Q_j} \approx \frac{\Delta P(Q + \Delta Q_i + \Delta Q_j) - \Delta P(Q + \Delta Q_j) - \Delta P_3 + \Delta P_2}{\Delta Q_i \cdot \Delta Q_j},$$

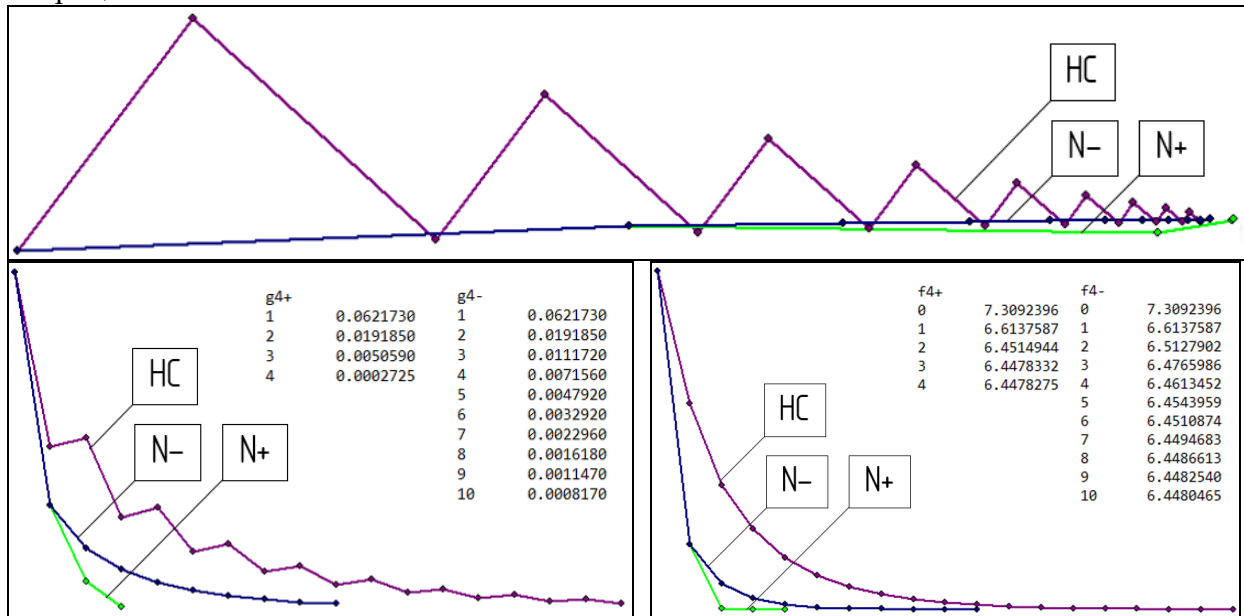
або з використанням вже розрахованих значень  $g_j$  і  $G_{ii}$ :

$$G_{ij} = \frac{\partial^2 \Delta P}{\partial Q_i \partial Q_j} \approx \frac{\Delta P(Q + \Delta Q_i + \Delta Q_j) - \Delta P_3 - \Delta Q_j \cdot g_j - \Delta Q_j^2 \cdot G_{ii}/2}{\Delta Q_i \cdot \Delta Q_j}.$$

Будемо розрізняти два варіанти методу:

**N+**, **N-** : матриця Гесе уточнюється на кожному або тільки на першому кроці;

Траєкторії спуску методів **N+**, **N-** в порівнянні з методом **НС** показано нижче. Метод **N+** прогнозовано збігається за найменшу кількість ітерацій – 4, хоча метод **N-** не має такої швидкості збігу - 10 ітерацій. Недоліком методу є витрати часу на розрахунок і обернення матриці Гесе.



Всі перелічені методи реалізовані в комплексі **РАОТВ**. Вихідними даними для оптимізації реактивних потужностей є значення навантажень і генерації реактивної потужності (**Q<sub>нав</sub>**, **Q<sub>ген</sub>**) в таблицях вузлів схеми а також межі регулювання (**Q<sub>min</sub>**, **Q<sub>max</sub>**).

Для запуску оптимізації реактивних потужностей необхідно в головному меню комплексу вибрати пункт "**Оптимізація**" → "**Реактивні потужності**". Формат вікна оптимізації реактивних потужностей показано нижче.

**Оптимізація реактивних потужностей**

Завантаж. Q<sub>г</sub>   Режим   Запис Q<sub>опт</sub>   Друк   <<   Старт   >>   ■ dP = 89030.1 кВт

Обмеження за |U|

Ерс (оптим) 1e-4   Ерс (режим) 1e-8   Кш (dP) 1   Кш (U) 10   Ток   **Оптим= 0.0 кВт**

Метод опт. Координатний спуск   dQ,кВАр 100    Уточнення кроку    U<sub>min</sub> = U<sub>max</sub> = U<sub>м</sub>

N <sup>2</sup>	Вузла	Позначення	Q <sub>г</sub>	Q <sub>г min</sub>	Q <sub>г max</sub>	dQ	Q <sub>опт</sub>	Град	Крок	N1	U1min	U1max	U1рез
1	207	БАРЫШЕВКА Т								207	110	115	111.91
2	357	БРОВКИ Т-1								357	110	115	113.78
3	501	ВОКЗАЛЬНАЯ								501	110	115	113.87
4	513	Н.ВОЛЫНСК Т. 2 000					2 000			513	110	115	112.72
5	532	Н.ВОЛЫНСК Т. 1 000					1 000			532	110	115	114.61

Номер вузла

     Ітерацій: 0   Градієнт: 0.000000000   Функціонал: 89.030118383

**N вузла** – номер вузла схеми;

**Позначення** – текстове позначення вузла;

**Q<sub>г</sub>** – вихідна (задана) реактивна генерація у вузлі [кВАр];

**Q<sub>г min</sub>, Q<sub>г max</sub>** – нижня та верхня межі генерації реактивної потужності [кВАр];

**dQ** – приріст генерації реактивної потужності [кВАр];

**Q<sub>опт</sub>** – оптимальна генерація реактивної потужності: Q<sub>опт</sub> = Q<sub>г</sub> + dQ [кВАр];

**Град** – градієнт за реактивною потужністю [кВт/кВАр];

**Крок** – крок оптимізації [кВАр];

**N1, N2** – номери вузлів, у яких здійснюється контроль розрахункових напруг;

**U1min, U1max, U2min, U2max** – нижні та верхні межі напруги у вузлах N1 і N2 [кВ];

**U1рез, U2рез** – розрахункові модулі напруг в контрольованих вузлах N1 і N2 [кВ].

Для початку роботи в таблиці заповнюється колонка "N вузла" в ручному режимі або або методом копіювання/втставки (F5/F6) із таблиці вузлів схеми. Потім натискається кнопка "Завантаж. Qг", яка виконує автоматичне завантаження колонок "Позначення", "Qг", "Qг min", "Qг max" із таблиці вузлів схеми (колонки "Позначення", "Qген", "Qmin", "Qmax"). Зауважимо, що оптимізується саме величина **генерації реактивної потужності**, а не сумарна реактивна потужність, тобто реактивне навантаження (колонка "Qнав" в таблиці вузлів схеми) залишається незмінним. Перед початком оптимізації повинні бути задані або скориговані колонки генерації реактивної потужності: "Qг", "Qг min", "Qг max", а також колонки обмеження по напрузі: "N1", "N2", "U1min", "U1max", "U2min", "U2max". Для розрахунку початкового стану потрібно натиснути кнопку "Режим" – при цьому стають активними кнопка "Старт" для запуску оптимізації в автоматичному режимі та кнопки "<<", ">>" для здійснення кроків ручної оптимізації. В правому верхньому куті вікна оптимізації показується поточне значення втрат (dP = ...) з індикатором успішного кроку (втрати зменшились), індикатор порушення обмежень по напрузі і величина оптимізації втрат (Оптим = ...).

В полі "Eps (оптим)" задається точність оптимізації за максимальним значенням градієнта в колонці "Град" (як правило,  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$ ), в полі "Eps (режим)" вказується точність розрахунку режиму (як правило,  $10^{-6}$  -  $10^{-8}$ ). "Кш(dP)", "Кш(dU)" – коефіцієнти штрафу за втратами і напругою, що враховуються у цільовій функції:  $F = \text{Кш}(dP) \cdot \Delta P + \text{Кш}(dU) \cdot \sum \Delta U$ . Із списку "Метод опт." обирається метод оптимізації, що з урахуванням опції "Уточнення кроку" охоплює всі вищерозглянуті методи оптимізації:

- **Дискретний спуск** – за кожною координатою виконується крок у напрямку вектора градієнта за дискретною величиною, заданою у полі "dQ, кВАр";
- **Найшвидший спуск** – метод НС-, а з включеною опцією "Уточнення кроку" – НС+;
- **Координатний спуск** – метод КС-, а з включеною опцією "Уточнення кроку" – КС+;
- **Спряжений градієнт** – метод СГ-, а з включеною опцією "Уточнення кроку" – СГ+;
- **Спуск за Ньютоном** – метод N-, а з включеною опцією "Уточнення кроку" – N+;

Ручний спуск за обраним методом виконується кнопкою ">>". Успішний крок фіксується зеленим кольором індикатора втрат активної потужності у правому верхньому куті вікна. Червоний колір індикатора "Обмеження за |U|" сигналізує про порушення меж за напругою в контрольованих вузлах. При неуспішному кроці можна повернутися на один крок назад кнопкою "<<".

Автоматичний спуск виконується кнопкою "Старт". Дискретний спуск виконується з поступовою корекцією кроку оптимізації "dQ, кВАр", наприклад, 1000, 100, 10, 1 кВАр. При цьому процес закінчується за умови, коли починається зациклення, тобто чередування однакових станів. Процес оптимізації також переривається користувачем кнопкою "Стоп" (на місці кнопки "Старт") або закінчується за кількістю ітерацій (максимум 100 ітерацій).

Вікно з результатами оптимізації методом КС+ (координатний спуск) показано нижче.

Оптимізація реактивних потужностей

Завантаж. Qг   Режим   Запис Qопт   Друк   <<   Старт   >>   dP = 88538.5 кВт  
 Обмеження за |U|  
 Оптим = 491.6 кВт

Eps (оптим) 1e-4   Eps (режим) 1e-8   Кш (dP) 1   Кш (U) 10   Ток  
 Метод опт. Координатний спуск   dQ, кВАр 100    Уточнення кроку    Umin = Umax = Um

N°	Вузла	Позначення	Qг	Qг min	Qг max	dQ	Qопт	Град	Крок	N1	U1min	U1max	U1рес
1	207	БАРЫШЕВКА Т				5 617	5 617	0.0185035	0.0000000	207	110	115	115.00
2	357	БРОВКИ Т-1				3 155	3 155	0.0217606	0.0000000	357	110	115	115.00
3	501	ВОКЗАЛЬНАЯ				2 782	2 782	0.0295589	0.0000000	501	110	115	115.00
4	513	Н.ВОЛЫНСК Т: 2 000				4 703	6 703	0.0198549	0.0000000	513	110	115	115.00
5	532	Н.ВОЛЫНСК Т: 1 000				151	1 151	0.0316731	0.0000000	532	110	115	115.00

Зберегти   Відмінити   Ітерацій: 20   Градієнт: 0.031673092   Функціонал: 88.538469335

В даному випадку для всіх вузлів наявні обмеження за напругою U1max = 115 кВ. Слід зазначити, що на цей час цільова функція включає тільки сумарні втрати ( $F = \text{Кш}(dP) \cdot \Delta P$ ) і не використовує штрафну функцію за напругою. Для дотримання обмежень за напругою

використовується механізм "бар'єрних" функцій, коли для кожної координати за розрахунком напрямом і кроком прогнозується напруга за допомогою параболічної функції  $U(Q)$ , і при порушенні меж  $U_{\min}$ ,  $U_{\max}$  розраховуються обмеження  $Q_{\min}$ ,  $Q_{\max}$  за оберненою функцією  $Q(U)$ . Поле "Кш(U)" на цей час використовується виключно як опція: якщо "Кш(U)" = 0, то обмеження за напругою не застосовуються навіть при заданих "N1", "N2", "U1min", "U1max", "U2min", "U2max".

Найкращими методами для промислового використання вважаються методи координатного спуску і спряженого градієнта.

Друк таблиці виконується кнопкою "Друк". Оптимізовані значення реактивної потужності  $Q_{\text{опт}}$  можуть бути записані в таблицю вузлів схеми натисканням кнопки "Запис  $Q_{\text{опт}}$ ", при цьому значення колонки " $Q_{\text{опт}}$ " записуються у колонку " $Q_{\text{ген}}$ " вузлів схеми.

Поле "Ток" (термін окупності) використовується для експериментальних розрахунків, що виконуються тільки для методу координатного спуску і тільки для однієї точки. В полі "Ток" вказується бажаний (або граничний) термін окупності в роках. При цьому замість задачі пошуку глобального мінімуму втрат враховуються складові грошових витрат на пристрої компенсації реактивної потужності. Річ у тім, що чим ближче точка  $Q$  до оптимуму  $Q_{\text{опт}}$ , тим більш пологою стає функція, і тим меншим стає зниження втрат на одиницю реактивної потужності. Тобто досягнення абсолютного мінімуму втрат може бути недоцільним з точки зору капіталовкладень.

Для врахування цього аспекту пропонується ввести обмеження кроку  $\Delta Q$  за бажаним терміном окупності – рис.4.10.

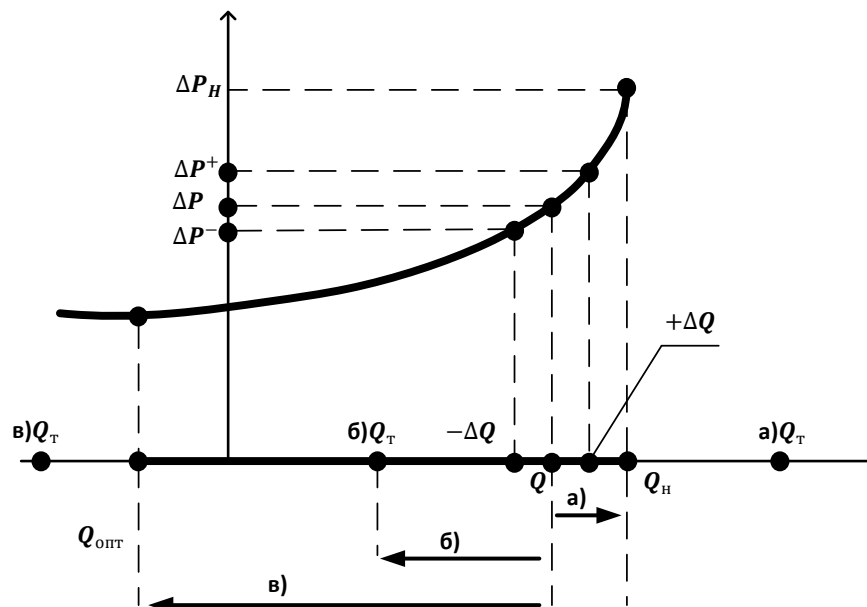


Рис. 4.10 - Врахування обмежень за терміном окупності

На рис. 4.10 точка  $Q_{\text{н}}$  відповідає **початковому стану**, точка  $Q$  – **поточному стану**, а  $Q_{\text{Т}}$  – граничне значення з урахуванням терміну окупності. Можливі три варіанти кроку від поточної точки  $Q$ : варіант а) повертає значення  $Q$  у вихідне значення  $Q_{\text{н}}$ , оскільки значення  $Q_{\text{Т}} > Q_{\text{н}}$ ; у варіанті б) відбувається крок  $Q \rightarrow Q_{\text{Т}}$  оскільки  $Q_{\text{опт}} < Q_{\text{Т}} < Q_{\text{н}}$ ; у варіанті в) відбувається крок без обмежень  $Q \rightarrow Q_{\text{опт}}$  оскільки  $Q_{\text{Т}} < Q_{\text{опт}}$ . Для розрахунку граничного значення  $Q_{\text{Т}}$  використано спрощену формулу розрахунку терміну окупності:

$$t_{\text{ок}} = K/E, \quad K = (Q_{\text{н}} - Q_{\text{Т}}) \cdot k, \quad E = (\Delta P_{\text{н}} - A \cdot Q_{\text{Т}}^2 - B \cdot Q_{\text{Т}} - C) \cdot t \cdot T,$$

де  $t_{\text{ок}}$  – термін окупності, рік;

$K$  – капіталовкладення, грн.;

$E$  – річна економія, грн./рік;

$Q_{\text{н}}$ ,  $Q_{\text{Т}}$  – початкове і граничне значення  $Q$ , кВАр;

$\Delta P_{\text{н}}$  – початкові втрати, кВт;

$A$ ,  $B$ ,  $C$  – коефіцієнти апроксимованої функції втрат  $\Delta P(Q)$ ;

$k$  – питома вартість компенсуючих пристроїв, грн./кВАр;

$T$  – тариф на активну електроенергію, грн./кВт год;

$t$  – річна кількість годин використання максимуму, год.

Константи  $k$ ,  $T$ ,  $t$  задаються у файлі **vk\_raotp.ini** у розділі **[OptimQ]**. наприклад:  
**C\_BSK=100000** –  $k = 100000$  грн./МВАр;  
**Tarif=1700** –  $T = 1700$  грн./МВАр·год;  
**Tmax=4380** –  $t = 4380$  год;

При заданому значенні  $t_{ок}$  невідомою величиною є граничне значення  $Q_T$  :

$$t_{ок} = ((Q_H - Q_T) \cdot k) / (\Delta P_H - A \cdot Q_T^2 - B \cdot Q_T - C) \cdot t \cdot T,$$

позначивши  $N = t_{ок} \cdot t \cdot T$  і виконавши відповідні перетворення, отримаємо квадратне рівняння:

$$Q_T^2 \cdot (A \cdot N) + Q_T \cdot (B \cdot N - k) + (C - \Delta P_H) \cdot N + k \cdot Q_H = 0, \text{ або}$$

$$Q_T^2 \cdot A^* + Q_T \cdot B^* + C^* = 0, \text{ тоді, } D = B^{*2} - 4 \cdot A^* \cdot C^*, Q_T = (-B^* \mp \sqrt{D}) / (2 \cdot A^*).$$

Із наведеного виразу необхідно обрати коректне значення  $Q_T$  з поміж двох коренів  $Q_{1T}$  та  $Q_{2T}$ . Практичні розрахунки показують два критерії відсіву:

- на першому кроці корінь, що відкидається, практично дорівнює початковому значенню  $Q_H$ ;
- на інших кроках відкидається значення, яке дає від'ємне значення  $t_{ок}$ .

У віконному форматі на кожному кроці відображається розрахунковий термін окупності в колонці "**Qрез**".

#### 4.11.3. Оптимізація коефіцієнтів трансформації

Проблема вибору оптимальних коефіцієнтів трансформації є важливим завданням диспетчерського управління як при плануванні перспективних режимів, так і при оперативному управлінні енергосистемою. Критерієм оптимізації є втрати активної потужності в максимальних режимах, при цьому не менш важливим критерієм є контроль заданого діапазону напруг, наприклад, для найближчої і найдалшої точки схеми, при зміні графіків добових навантажень або при сезонних змінах навантажень.

Зазвичай характеристики регулювання РПН або ПБЗ вказують у вигляді:  $U_{ном} \pm n \times \Delta\%$ , де  $U_{ном}$  – номінальна напруга регулювальної обмотки,  $\pm n$  – діапазон регулювання,  $\Delta\%$  – крок зміни напруги у відсотках від  $U_{ном}$  при переході на суміжне відгалуження РПН або ПБЗ. Наприклад, регулювання  $115 \pm 9 \times 1.78\%$  означає регулювання номінальної напруги 115 кВ в діапазоні  $\pm 9$  позицій з кроком  $115 \cdot 1.78\% / 100\% = 2.05$  кВ. На практиці нумерацію відгалужень вказують від 1 до максимального значення (Квідг) і оперують поточним номером відгалуження  $N_{відг}$ , тоді характеристику регулювання можна записати у вигляді:  $U_{ном} + (N_{пот} - N_{ном}) \cdot \Delta\%$ , де  $N_{ном}$  відповідає номінальному положенню при  $n = 0$ , а  $N_{пот}$  знаходиться в діапазоні 1 ... Квідг.

Процес, при якому зростання номеру відгалуження призводить до зростання напруги або кількості витків регулювальної обмотки, будемо називати **прямим регулюванням**, в іншому випадку – **зворотнім регулюванням** (в цьому випадку запис  $(N_{пот} - N_{ном})$  змінюється на  $(N_{ном} - N_{пот})$ ).

Модель двообмоткового трансформатора з поздовжнім регулюванням в обмотках високої (ВН) або низької (НН) напруг є звичайною Г-подібною схемою заміщення з регульованим коефіцієнтом трансформації в залежності від номеру регулювального відгалуження. Формула для обчислення коефіцієнта трансформації з поздовжнім регулюванням (РПН, ПБЗ) в обмотці **ВН** має вигляд:

$$K_T = U_{ВН} \cdot (1 + (N_{пот} - N_{ном}) \cdot \Delta_{ВН}) / U_{НН} = K_{ном} \cdot (1 + (N_{пот} - N_{ном}) \cdot \Delta_{ВН}), \text{ де}$$

$U_{ВН}, U_{НН}$  – номінальні напруги обмоток ВН і НН;

$\Delta_{ВН}$  – крок регулювання обмотки ВН:  $\Delta_{ВН} = \Delta_{ВН}\% / 100\%$ ;

$K_{ном}$  – номінальний коефіцієнт трансформації ( $K_{ном} = U_{ВН} / U_{НН}$ ).

При встановленні регулятора в обмотку **НН** змінюватися буде значення напруги  $U_{НН}$  з кроком  $\Delta_{НН}$ , при цьому  $K_T$  обчислюється за такою формулою:

$$K_T = U_{ВН} / [U_{НН} \cdot (1 + (N_{пот} - N_{ном}) \cdot \Delta_{НН})] = K_{ном} / (1 + (N_{пот} - N_{ном}) \cdot \Delta_{НН}).$$

Модель триобмоткового трансформатора є трипроменевою зіркою з обмотками високої, середньої і низької напруг (ВН, СН, НН). В комплексі РАОТВ опори трансформаторів

приводяться до напруги високої сторони (ВН), тому номінальні коефіцієнти обмоток обчислюються за формулами:

$$K_{\text{НОМ}}^{\text{ВН}} = U_{\text{ВН}} / U_{\text{ВН}} = 1, \quad K_{\text{НОМ}}^{\text{СН}} = U_{\text{ВН}} / U_{\text{СН}}, \quad K_{\text{НОМ}}^{\text{НН}} = U_{\text{ВН}} / U_{\text{НН}}.$$

Триобмоткові трансформатори, як правило, мають регулювання РПН в обмотці ВН і регулювання ПБЗ в обмотці СН, при цьому коефіцієнти трансформації  $K_{\text{T}}^{\text{ВН}}$ ,  $K_{\text{T}}^{\text{СН}}$  обчислюються за формулами:

$$K_{\text{T}}^{\text{ВН}} = K_{\text{НОМ}}^{\text{ВН}} \cdot (1 + (N_{\text{ПОТ}} - N_{\text{НОМ}}) \cdot \Delta_{\text{ВН}}), \quad K_{\text{T}}^{\text{СН}} = K_{\text{НОМ}}^{\text{СН}} / (1 + (N_{\text{ПОТ}} - N_{\text{НОМ}}) \cdot \Delta_{\text{СН}}).$$

Автотрансформатори також представляються трипроменевою схемою заміщення і, як правило, мають регулювання в обмотці СН, при цьому  $K_{\text{T}}^{\text{СН}}$  визначається за формулою, аналогічною триобмотковому трансформатору. При регулюванні в нейтралі СН (більшість АТ виконується саме з таким регулюванням, оскільки значно менші вимоги до ізоляції обладнання РПН) слід також враховувати вплив на напругу НН, при цьому  $K_{\text{T}}^{\text{НН}}$  визначається за формулою:

$$K_{\text{T}}^{\text{НН}} = K_{\text{НОМ}}^{\text{НН}} / (1 + (N_{\text{ПОТ}} - N_{\text{НОМ}}) \cdot \Delta_{\text{НН}}), \text{ де } \Delta_{\text{НН}} = -\Delta_{\text{СН}} \cdot U_{\text{СН}} / (U_{\text{ВН}} - U_{\text{СН}}).$$

Підсумувавши вищенаведене, приходимо до двох основних формул  $K_{\text{T}}$ :

$$K_{\text{T}} = K_{\text{НОМ}} \cdot (1 + (N_{\text{ПОТ}} - N_{\text{НОМ}}) \cdot \Delta) \text{ для обмотки ВН, або}$$

$$K_{\text{T}} = K_{\text{НОМ}} / (1 + (N_{\text{ПОТ}} - N_{\text{НОМ}}) \cdot \Delta) \text{ для обмоток СН і НН,}$$

тобто регулювання відбувається або в чисельнику (обмотка ВН) або в знаменнику (СН, НН). Таким чином, для обчислення коефіцієнта трансформації необхідно мати такий склад даних:  $K_{\text{НОМ}}$ ,  $K_{\text{ВІДГ}}$ ,  $N_{\text{НОМ}}$ ,  $N_{\text{ПОТ}}$ ,  $\Delta$ . Кодовий запис для регулювання коефіцієнта трансформації в комплексі РАОТВ має вигляд: "ВН/СН/НН- РПН/ПБЗ/ТПР- П/З-  $K_{\text{ВІДГ}}$ -  $N_{\text{НОМ}}$ -  $\Delta\%$ ", наприклад, "ВН-РПН-П-19-10-1.78" означає наявність **прямого** ("П") регулювання **РПН** у обмотці **ВН**  $\pm 9 \times 1.78\%$ .

Окрім **поздовжнього** регулювання РПН, ПБЗ, що регулює модуль напруги, також може застосовуватись ТПР – трансформаторне **поперечне** регулювання, тобто регулювання кута напруги. Параметри поперечного регулювання аналогічні поздовжньому, але при цьому коефіцієнт трансформації є комплексним числом. Введемо наступні позначення:

$\Delta N' = (N'_{\text{ПОТ}} - N'_{\text{НОМ}})$ ,  $\Delta N'' = (N''_{\text{ПОТ}} - N''_{\text{НОМ}})$  – положення поздовжніх і поперечних регуляторів;

$\Delta'$ ,  $\Delta''$  – кроки поздовжнього і поперечного регулювання,

тоді формула комплексного  $\dot{K}_{\text{T}}$  при регулюванні в обмотці ВН набуває наступного вигляду:

$$\dot{K}_{\text{T}} = K_{\text{НОМ}} \cdot (1 + \Delta N' \cdot \Delta' + j \Delta N'' \cdot \Delta'') = K_{\text{НОМ}} \cdot (1 + \Delta N' \cdot \Delta') + j K_{\text{НОМ}} \cdot \Delta N'' \cdot \Delta'' = K_{\text{T}}' + j K_{\text{T}}'',$$

а при регулюванні в обмотках СН і НН:

$$\dot{K}_{\text{T}} = \frac{K_{\text{НОМ}}}{1 + \Delta N' \cdot \Delta' + j \Delta N'' \cdot \Delta''} = \frac{K_{\text{НОМ}} \cdot (1 + \Delta N' \cdot \Delta')}{(1 + \Delta N' \cdot \Delta')^2 + (\Delta N'' \cdot \Delta'')^2} + j \frac{-K_{\text{НОМ}} \cdot \Delta N'' \cdot \Delta''}{(1 + \Delta N' \cdot \Delta')^2 + (\Delta N'' \cdot \Delta'')^2} = K_{\text{T}}' + j K_{\text{T}}''.$$

Як видно із наведених формул, у першому випадку коефіцієнти  $K_{\text{T}}'$  і  $K_{\text{T}}''$  регулюються тільки зміною власних регуляторів  $\Delta N'$  і  $\Delta N''$ , а в другому випадку, наприклад, при регулюванні в СН автотрансформатора, зміна одного регулятора впливає на обидві складові, тобто замість лінійки значень  $K_{\text{T}}'$  і  $K_{\text{T}}''$  маємо множину у матриці розмірністю  $K_{\text{ВІДГ}}' \times K_{\text{ВІДГ}}''$ .

Зниження втрат в мережі за рахунок регулювання коефіцієнтів трансформації відбувається за рахунок підвищення напруги (відповідно, зниження струму) на стороні СН, НН або за рахунок зменшення зрівнювальних перетоків реактивної потужності між невірноваженими коефіцієнтами трансформації, наприклад, в мережах 330/110 кВ. З урахуванням дискретних регуляторів ( $\Delta N'$ ,  $\Delta N''$ ) доцільно використовувати метод **координатного** спуску, тобто почерговий пошук оптимального значення за списком трансформаторів.

В розімкнених мережах 0.38 – 35 кВ доцільно контролювати рівні напруг у двох точках: найближчій (контроль  $U_{\text{max}}$ ) і найбільш віддаленій (контроль  $U_{\text{min}}$ ). Для триобмоткових трансформаторів також доцільно одночасно контролювати виводи СН і НН.

Для запуску оптимізації коефіцієнтів трансформації необхідно в головному меню комплексу вибрати пункт "Оптимізація" → "Трансформатори". Формат вікна оптимізації коефіцієнтів трансформації показано нижче.

Оптимізація коефіцієнтів трансформації																						
Додати		Режим		Автомат		Гرادієнт		Ітерацій		Кш (dP)		Кш (U)		dU, %		dN						
№	N поч	N кін	Nт	Позначення	p0	p1	p2	Ктр ном	Ктр'	Ктр''	Квідг	Nном	Nпот	d, %	N1	Вузол1	U1min	U1max	N2	Вузол2	U2min	U2max
1	808	699		Бобровиця.1.110				1.000	1.125		19	10	17	1.78	196	Бобровиця.1.10	10.50	10.50	431	Бобровиця.1.35	36.75	36.75
2	809	700		Бобровиця.2.110				1.000	1.160		19	10	19	1.78	197	Бобровиця.2.10	10.50	10.50	432	Бобровиця.2.35	36.75	36.75
3	853	62		Виповзово.1.110				10.455	11.75		19	10	17	1.78	62	Виповзово.1.10	10.50	10.50				
4	854	63		Виповзово.2.110				10.455	11.94		19	10	18	1.78	63	Виповзово.2.10	10.50	10.50				
5	793	294		Ольшана.2.110	1			10.000	11.56		19	10	1	1.5	294	Ольшана.2.10	10.50	10.50				
6	628	130	1	Семенівка-1.1.35				3.333	3.250		5	3	2	2.5	130	Семенівка-1.1.10	10.50	10.50				
7	629	130	2	Семенівка-1.2.35				3.333	3.250		5	3	2	2.5	130	Семенівка-1.1.10	10.50	10.50				
8	493	239		Іваниця.1.35				3.182	3.230		13	7	8	1.5	239	Іваниця.1.10	10.50	10.50				
9	398	5		Данівка_насос.1.35				87.500	85.31		5	3	2	2.5	5	Данівка_насос.1	0.40	0.40				
10	398	14		Данівка_насос.1.35				5.833	6.125		5	3	5	2.5	14	Данівка_насос.1	6.30	6.30				

Для зовнішнього задання виведені константи: "Ітерацій" – максимальна кількість ітерацій за алгоритмами координатного та градієнтного спуску, "Кш(dP)" – коефіцієнт штрафу за втратами потужності, "Кш(dU)" – коефіцієнт штрафу за напругою, "dU,%" – величина приросту від номінальної напруги для розрахунку вектора градієнта, "dN" – максимальний крок за градієнтним спуском. У таблиці заповнюються такі колонки:

- N поч, N кін** – номери початку та кінця трансформаторної вітки;
- Nт** – номер паралельного трансформатора;
- Позначення** – текстове позначення трансформатора;
- p0** – ознака: **0** – обмотка ВН; **1** – обмотка СН або НН;
- p1** – ознака: **0** – поздовжнє регулювання (РПН, ПБЗ), **1** – поперечне регулювання (ТПР), **-1** – трансформатор не оптимізується (ставиться або в ручному режимі або в автоматичному для відключених трансформаторів);
- p2** – ознака: **0** – пряме регулювання (збільшення Nвідг збільшує число витків регульованої обмотки), **1** – зворотнє регулювання;
- Ктр ном** – номінальний коефіцієнт трансформації;
- Ктр', Ктр''** – дійсна та уявна складові коефіцієнту трансформації;
- Квідг** – кількість відгалужень;
- Nном, Nпот** – номери номінального та поточного відгалужень;
- d, %** – крок регулювання РПН/ПБЗ/ТПР;
- N1, Вузол1, N2, Вузол2** – номери та позначення вузлів, для яких виконується контроль напруги при регулюванні відгалужень трансформатора;
- U1min, U1max, U2min, U2max** – нижня та верхня межі напруги в контрольованих вузлах N1 і N2;
- Nнн АТ** – номер вузла НН автотрансформатора для коригування коефіцієнту трансформації вітки НН при регулюванні в нейтралі СН;
- Кнн', Кнн''** – дійсна та уявна складові коефіцієнту трансформації обмотки НН.

Заповнення таблиці виконується ручним заповненням колонок "N поч", "N кін", "Nт" (або блочне копіювання/вставка (F5/F6) із таблиці віток), потім кнопка "Читання Ктр" – при цьому всі інші дані (в тому числі контрольні точки за напругою) підтягуються із таблиці віток. Колонка "Nт" повинна збігатися з колонкою "Nл" таблиці віток. Додавання трансформаторної вітки також можна виконати за допомогою кнопки "Додати". Початковий розрахунок режиму та підготовка до оптимізації виконується кнопкою "Режим", при цьому активізуються кнопки "Автомат", "Градiєнт", а в нижній частині вікна з'являється шкала з повзунком, що відображає шкалу відгалужень та поточне положення відгалуження трансформатора, на якому встановлено курсор у таблиці. Надалі кнопку "Режим" необхідно натискати після виконання поточної редакції таблиці.

Оптимізація коефіцієнтів трансформації

Додати | Режим | Автомат | Градієнт | Ітерацій 100 | Кш (dP) 1 | Кш (U) 100 | dU% 0.1 | dN 1

№	N поч	N кін	Nт	Позначення	n0	n1	n2	Ктр ном	Ктр'	Ктр''	Квідг	Nном	Nпот	d,%	N1	Вузл1	U1min	U1max	N2	Вузл2	U2min	U2max
1	808	699		Бобровиця.1.110				1.000	1.125	19	10	17	1.78	196	Бобровиця.1.10	10.50	10.50	431	Бобровиця.1.35	36.75	36.75	
2	809	700		Бобровиця.2.110				1.000	1.160	19	10	19	1.78	197	Бобровиця.2.10	10.50	10.50	432	Бобровиця.2.35	36.75	36.75	
3	853	62		Виповзово.1.110				10.455	11.75	19	10	17	1.78	62	Виповзово.1.10	10.50	10.50					
4	854	63		Виповзово.2.110				10.455	11.94	19	10	18	1.78	63	Виповзово.2.10	10.50	10.50					
5	793	294		Ольшана.2.110	1			10.000	11.56	19	10	1	1.5	294	Ольшана.2.10	10.50	10.50					
6	628	130	1	Семенівка-1.1.35				3.333	3.250	5	3	2	2.5	130	Семенівка-1.1.10	10.50	10.50					
7	629	130	2	Семенівка-1.2.35				3.333	3.250	5	3	2	2.5	130	Семенівка-1.1.10	10.50	10.50					
8	493	239		Іваниця.1.35				3.182	3.230	13	7	8	1.5	239	Іваниця.1.10	10.50	10.50					
9	398	5		Данівка_насос.1.35				87.500	85.31	5	3	2	2.5	5	Данівка_насос.1	0.40	0.40					
10	398	14		Данівка_насос.1.35				5.833	6.125	5	3	5	2.5	14	Данівка_насос.1	6.30	6.30					

Номер початку вітки: 17

dP = 11640 кВт  
 U1 = 9.96 кВ  
 U2 = 35.06 кВ  
 ddP = 0 кВт

Зберегти | Відмінити | Читання Ктр | Запис Ктр | Друк |  Umin = Umax = Um

Ручна оптимізація виконується зсувом повзунка вправо або вліво та відстеження індикаторів у нижній правій частині вікна. Верхній індикатор (dP) фіксує успішний (зелений колір) або неуспішний (червоний колір) зсув по втратах активної потужності, які виводяться поруч із індикатором (dP = ...). Нижні індикатори фіксують порушення заданих меж по напрузі (зелений або червоний колір) із виведенням модуля напруги у контрольованих вузлах (U1 = ..., U2 = ...). Нижче відображається поточне значення оптимізації порівняно з вихідним режимом (ddP = ...).

Алгоритм координатного спуску автоматично реалізується кнопкою "Автомат". Результуючий вектор відгалужень виводиться в колонку "Nпот", а також виводиться траєкторія зміни відгалужень у форматі:

```

808 - 699 Бобровиця.1.110   рпн   17,  16,  15,  14
809 - 700 Бобровиця.2.110   рпн   19,  18,  17,  16
853 - 62  Виповзово.1.110   рпн   17,  16,  15,  14,  13
854 - 63  Виповзово.2.110   рпн   18,  17,  16,  15,  14,  13,  12
793 - 294 Ольшана.2.110     рпн    1,   2,   3
628 - 130 Семенівка-1.1.35   рпн    2,   3,   4
629 - 130 Семенівка-1.2.35   рпн    2,   3,   4
493 - 239 Іваниця.1.35      рпн    8,   9,  10,  11,  12
398 - 5   Данівка_насос.1.35 рпн    2,   3,   4
398 - 14  Данівка_насос.1.35 рпн    5,   4,   3,   2
  
```

dPпоч = 11640 кВт, dPопт = 11636 кВт, ddP = 4 кВт

В даному випадку акцент зроблено на регулювання напруги, тому значення оптимізації (ddP = 4 кВт) не є головним критерієм. Слід звернути увагу, що паралельні трансформатори виконують зсув відгалужень одночасно – в нашому випадку рядки 6, 7 (вітки 628 – 130). Вікно з траєкторією зміни відгалужень закривається натисканням правої кнопки миші на ньому і вибором пункту "Закрити".

В умовах замкнених мереж, наприклад, 330/110 кВ, необхідно мати можливість одночасної зміни регуляторів, що реалізується методом **градієнтного** спуску у напрямку градієнта dF/dN, де F – цільова функція:  $F = Kш(dP) \cdot \Delta P + Kш(dU) \cdot (\Delta U_1 + \Delta U_2)$ . Алгоритм спуску за антиградієнтом в автоматичному режимі реалізується кнопкою "Градієнт", приклад траєкторії зміни вектора відгалужень показано нижче:

```

808 - 699 Бобровиця.1.110   рпн   17,  16,  15,  14,  15,  14,  15,  14,  14,  14
809 - 700 Бобровиця.2.110   рпн   19,  18,  17,  16,  15,  16,  15,  16,  15,  16,  16
853 - 62  Виповзово.1.110   рпн   17,  16,  15,  14,  13,  12,  13,  12,  13,  12,  12
854 - 63  Виповзово.2.110   рпн   18,  17,  16,  15,  14,  13,  12,  13,  12,  13,  13
793 - 294 Ольшана.2.110     рпн    1,   2,   3,   2,   3,   2,   3,   2,   2,   2
628 - 130 Семенівка-1.1.35   рпн    2,   3,   4,   5,   4,   5,   4,   5,   4,   5,   5
629 - 130 Семенівка-1.2.35   рпн    2,   3,   4,   5,   4,   5,   4,   5,   4,   5,   5
493 - 239 Іваниця.1.35      рпн    8,   9,  10,  11,  12,  11,  12,  11,  12,  11,  11
398 - 5   Данівка_насос.1.35 рпн    2,   3,   4,   5,   4,   5,   4,   5,   4,   5,   5
398 - 14  Данівка_насос.1.35 рпн    5,   4,   3,   2,   3,   2,   3,   2,   3,   2,   2
  
```

Градієнтний спуск, як правило, закінчується за умови, коли починається зациклення, тобто чередування однакових станів. Для більш точного результату можна зменшити крок "dN", наприклад, до 0.1.

Запис оптимізованих коефіцієнтів трансформації в таблицю віток схеми здійснюється кнопкою "Запис Ктр". Друк таблиці (вікна траєкторії) здійснюється кнопкою "Друк".



#### 4.11.4. Оптимізація включених трансформаторів

Оптимізація режиму роботи трансформаторів є експлуатаційною задачею зменшення втрат за рахунок зменшення складової втрат неробочого ходу трансформаторів. Розглядаються двотрансформаторні підстанції (ТП, РП) з двообмотковими трансформаторами, в яких необхідно обрати режим роботи Т1, Т2: включено Т1 (Т2 виключено), включено Т2 (Т1 виключено) або включено обидва Т1 і Т2.

В комплексі РАОТВ реалізовано алгоритми автоматичного пошуку двотрансформаторних підстанцій і алгоритм оптимізації комутаційного стану цих трансформаторів, при цьому враховано обмеження за номінальною потужністю трансформаторів, тобто цільова функція оптимізації має вигляд:  $F = \Delta P + (\Delta S_1 + \Delta S_2) \cdot K_{ш}$ , де

$\Delta P$  – сумарні втрати активної потужності, кВт;

$\Delta S_1, \Delta S_2$  – перевищення номінальної потужності трансформаторів, кВА;

$K_{ш}$  – коефіцієнт штрафу.

Для запуску задачі в головному меню комплексу обирається пункт "Оптимізація" → "Вкл. тр-ри (Т1, Т2)". Формат вікна показано нижче.

Оптимізація включених трансформаторів																			
Старт		Результати		Друк		Запис		Вихід											
dP <sub>min</sub> , кВт		0.1		dP = 11636.432 (0.000) кВт				0.000 кВт											
№	Увн	Унн	Підстанція	T1	Марка	%	н.х.	к.з.	T2	Марка	%	н.х.	к.з.	I1	I2	Iv	ST	STo	dP,кВт
1	35	10	Іванівка	T2	ТМ-1600/35/10.5	95	4.735	13.60	T1	ТМ-2500/35/10.5				143	524	17	2		
2	35	10	Жадово	T1	ТМН-2500/35/11				T2	ТМН-4000/35/11	9	5.809	0.201	197	663	48	1		
3	35	10	Кийівка	T2	ТМ-2500/35/10.5				T1	ТМН-2500/35/11	79	4.592	13.17	208	672	53	1		
4	35	10	Мохнатин	T2	ТМ-2500/35/10.5				T1	ТМ-1600/35/10.5	73	5.384	12.77	269	573	78	1		
5	35	10	Патюти	T1	ТМ-1600/35/10.5	29	4.181	1.368	T2	ТМ-1600/35/10.5	8	4.181	0.084	375	377	94	3		
6	35	10	Яблунівка	T2	ТМ-1800/35/10.5	46	8.143	3.866	T1	ТМН-2500/35/11				515	751	133	2		
7	35	10	Архипівка	T1	ТМ-1600/35/10.5				T2	ТМ-1600/35/10.5	15	3.299	0.277	525	630	20	1		
8	35	10	Бахмач	РП	ТД-10000/35/11	41	20.00	10.90	РП	ТД-10000/35/11				526	527	23	2		
9	35	10	Борківка	T1	ТМ-2500/35/10.5				T2	ТМ-1600/35/10.5	29	4.317	1.159	530	531	28	1		
10	35	10	В_Самбір (СОЕ)	T1	ТМ-1000/35/10.5	47	3.852	3.496	T2	ТМ-1000/35/10.5				533	534	29	2		

напряга обмотки ВН [кВ]

Список пар трансформаторів формується тільки в **автоматичному режимі**. В таблиці відображаються наступні дані для кожної пари:

**Увн, Унн** – номінальні напруги обмоток ВН і НН;

**Підстанція** – назва підстанції;

**T1, Марка, %, н.х., к.з.** – номер, марка, відсоток завантаження, втрати неробочого ходу і короткого замикання першого трансформатору;

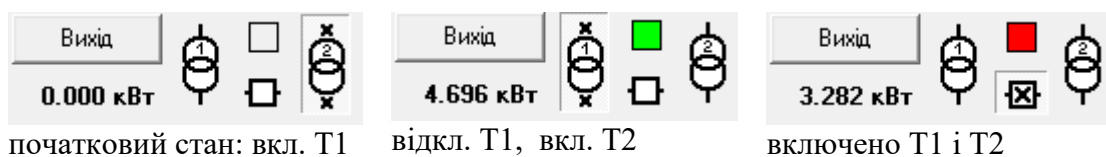
**T2, Марка, %, н.х., к.з.** – номер, марка, відсоток завантаження, втрати неробочого ходу і короткого замикання другого трансформатору;

**I1, I2, Iv** – індекси посилань на таблицю віток схеми (відповідно Т1, Т2 і міжсекційний зв'язок);

**ST, STo** – ознаки початкового і оптимального стану: 1 – включено тільки Т1, 2 – включено тільки Т2, 3 – включено обидва;

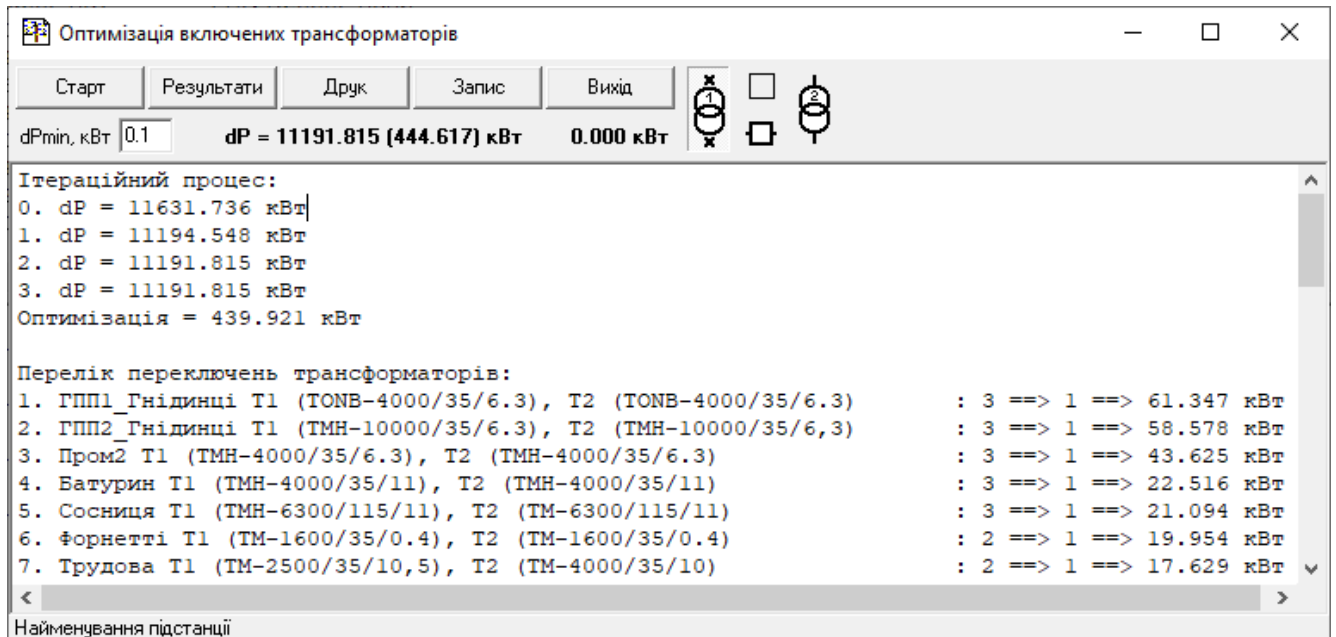
**dP** – економія втрат при переході від початкового в оптимальний стан.

В полі "dP<sub>min</sub>" можна вказати мінімальний ефект зменшення втрат від зміни стану Т1, Т2 для відсікання видачі результатів, що дають мізерний ефект. Запис "dP = ... (...)" показує сумарні поточні втрати, а в дужках – сумарну величину оптимізації. У правому верхньому куті відображається поточний стан Т1, Т2 для рядка, в якому знаходиться курсор. Поточний стан можна змінити відповідними кнопками, як показано нижче:



Успішна зміна стану (втрати зменшились) сигналізується зеленим кольором індикатора, величина оптимізації для поточної пари трансформаторів показується поруч (з лівої сторони).

В автоматичному режимі процес оптимізації запускається кнопкою "Старт", процес закінчується коли при черговому проході не відбувається жодної зміни стану. Формат результатів показано нижче:



У списку результатів виводяться назви пар трансформаторів, їх початковий стан, оптимальний стан і величина оптимізації, наприклад, у першому рядку показано пару Т1, Т2 ПС "ГПП1\_Гнідинці", початковий стан "3" (включено обидва Т1 і Т2) змінено на "1" (включено тільки Т1), зменшення втрат від зміни стану склало 61.347 кВт. Для закриття списку результатів потрібно натиснути на ньому правою кнопкою миші і вибрати пункт "Закрити". Для повторного перегляду результатів оптимізації треба натиснути кнопку "Результати". Друк вихідної таблиці і списку результатів виконується кнопкою "Друк". Фіксація зміни стану трансформаторів в таблиці віток схеми виконується кнопкою "Запис".

#### 4.11.5. Оптимізація місць встановлення реклоузерів








Задача стосується **оптимального розташування** набору комутаційних пристроїв за критерієм оптимізації (зниження) наступних показників надійності електропостачання:

SAIDI – індекс середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні, хв;

SAIFI – індекс середньої частоти довгих перерв в електропостачанні, шт.;

ENS – розрахунковий обсяг недовідпущеної електроенергії, тис. кВт·год.

Для оптимізації визначено наступний перелік комутаційних пристроїв з графічним і текстовим позначенням:

-  "В" – вимикач;
-  "R" – реклоузер;
-  "D" – реклоузер двосторонньої дії з направленим МСЗ;
-  "S" – секціоналайзер;
-  "З" – запобіжник-роз'єднувач;
-  "Н" – вимикач навантаження;
-  "Р" – роз'єднувач.

Формальний запис автоматичних комутаційних апаратів (крім запобіжника) має чотири складові – символічне позначення, ранг за витримкою часу спрацювання МСЗ (максимального струмового захисту), кількість циклів АПВ (автоматичного повторного включення) в дужках і символ "+" – наявність дистанційного управління, наприклад:

B5+ – вимикач з витримкою часу 0.5 сек (умовно "5"), що має дистанційне управління;

D3(2)+ – двосторонній реклоузер з витримкою часу 0.3 сек, двома циклами АПВ і дистанційним управлінням;

R1 – реклоузер з витримкою часу 0.1 сек без АПВ;

S(1) – секціоналайзер з одним формальним циклом АПВ та ін.

Для варіантних розрахунків показників надійності електропостачання SAIDI, SAIFI, ENS використовують питому величину **вірогідності пошкодження** ліній ( $W$ , пошк./км), що може варіюватися в залежності від місцевості (поле, ліс, болото), кількості циклів АПВ захисного пристрою, наявності проводів СП та ін., і **середню тривалість** ліквідації одного пошкодження ( $T_{ср}$ , год), яка також диференціюється за часом пошуку і локалізації місця пошкодження, часом включення резервного живлення, часом ремонту та ін. Вхідними даними для цих розрахунків є **конфігурація мережі 10(6) кВ** (вузли і вітки схеми) з визначеними нормальними розривами, **тип і розташування** існуючих комутаційних пристроїв, **кількість і потужність** точок обліку ( $N$ ,  $P$ ) і **довжини ліній** ( $L$ ). Для кожної вітки є можливість задання індивідуальної вірогідності пошкоджень – колонка "Vл" (за замовчуванням  $Vл = 1$ ). Математичний апарат оптимізації базується на використанні **структурно-логічних матриць**, що поєднують характеристики окремих фрагментів мережі (кількість пошкоджень, час ліквідації пошкодження) в залежності від розташування захисних комутаційних пристроїв.

Регулятором для варіантних розрахунків показників надійності є **склад і розташування комутаційних пристроїв**. Під час оптимізаційних розрахунків склад комутаційних пристроїв будемо вважати постійним, при цьому задача оптимізації зводиться до пошуку їх оптимального розташування. Для можливості врахування всіх показників надійності в якості цільової функції для оптимізації прийнято вираз у відносних одиницях:

$$F = k_D \cdot \frac{SAIDI_i}{SAIDI_0} + k_F \cdot \frac{SAIFI_i}{SAIFI_0} + k_E \cdot \frac{ENS_i}{ENS_0}, \text{ де індекси "i" та "0" відповідають}$$

поточному і початковому розташуванню комутаційних пристроїв;

$k_D$ ,  $k_F$ ,  $k_E$  – відповідні вагові коефіцієнти, як правило,  $k_D + k_F + k_E = 1$  (або 100%).

Такий підхід дозволяє надавати перевагу тому чи іншому показнику надійності або взагалі використовувати один з них.

Використати традиційні методи пошуку мінімуму цільової функції (координатний або градієнтний спуски) неможливо, оскільки множина координат регулятора є дискретною величиною, що залежить від складу віток фідера, а сама функція може мати велику кількість локальних мінімумів. В такому разі будемо використовувати методи оптимізації, що базуються на переборі варіантів:

1. **Почерговий перебір** – алгоритм передбачає фіксацію місць розташування всіх комутаційних пристроїв крім одного, для якого виконується пошук оптимального місця розташування. Потім по черзі такий самий пошук виконується для всіх інших апаратів. Процес повторюється циклічно і закінчується коли жодний апарат не знаходить нового, більш оптимального положення.

2. **Послідовний спуск** – всі апарати ( $k$  штук) розташовуються послідовно в голові фідера у заданій користувачем послідовності (або згідно рангів), потім виконується перебір самого нижчого  $k$ -го пристрою, після чого пристрій  $k-1$  опускається на одну позицію вниз, а  $k$ -й знову перебирає всі позиції від  $k-1$  до низу. Після перебору всіх позицій пристроями  $k$  і  $k-1$  на одну позицію опускається пристрій  $k-2$  і т.д. Таким чином, вся група поступово спускається до низу фідера, при цьому у верхніх позиціях, що звільнилися, перебір не виконується. Процес закінчується коли вся група  $k$  пристроїв досягає кінця фідера.

3. **Повний перебір** – метод аналогічний послідовному спуску, але перебір також виконується у верхніх позиціях, що звільнилися, таким чином досягається повний перебір варіантів.

**Метод 1 (почерговий перебір)** у деяких літературних джерелах отримав назву "жадібного алгоритму". В загальному випадку кількість варіантів перебору цього методу визначається за формулою:

$$M_1 = k \cdot (n - k + 1) \cdot c$$

де  $k$  – кількість комутаційних апаратів, для яких виконується оптимізація;

$n$  – кількість місць можливого розташування комутаційних пристроїв на початку і в кінці віток фідера;

$c$  – кількість циклів перебору повного складу комутаційних апаратів до моменту закінчення процесу оптимізації.

Значення  $k$  і  $n$  відомі до початку оптимізації, а значення  $c$  визначається в процесі оптимізації.

**Метод 2 (послідовний спуск)** доцільно використовувати тільки для однотипних комутаційних пристроїв, в цьому випадку гарантовано повний перебір варіантів без повторення комбінацій. Кількість варіантів перебору цього методу визначається формулою комбінаторики:

$$M_2 = n! / k! \cdot (n - k)!$$

**Метод 3 (повний перебір)** гарантовано дає оптимальну комбінацію розташування комутаційних пристроїв. Кількість варіантів перебору цього методу також визначається формулою комбінаторики:

$$M_3 = n! / (n - k)!$$

Для порівняння кількості варіантів перебору визначимо кількість комутаційних пристроїв  $k = 5$ , кількість місць встановлення  $n = 25$  і орієнтовну кількість циклів  $c = 5$ , тоді кількість комбінацій перебору за переліченими трьома методами буде дорівнювати:

$$M_1 = 5 \cdot (25 - 5 + 1) \cdot 5 = 525,$$

$$M_2 = 25! / 5! \cdot (25 - 5)! = 53\,130,$$

$$M_3 = 25! / (25 - 5)! = 6\,375\,600.$$

Почерговий спуск є найшвидшим, але не гарантує вибір найбільш оптимальної точки цільової функції, також потребує досліджень питання щодо початкового розташування пристроїв. Послідовний спуск є аналогом повного перебору для однотипних пристроїв, що забезпечує значно меншу кількість варіантів перебору ніж повний перебір за рахунок відсутності повторення комбінацій.

Крім оптимального розташування в дереві фідера також можлива задача визначення розташування реклоузерів з урахуванням варіантів їх розміщення у **нормальних розривах**. Або можлива задача виключного встановлення вимикачів навантаження у нормальні розриви. В цих умовах цикл перебору пристроїв у розривах повинен бути зовнішнім по відношенню до циклу перебору пристроїв у дереві фідера. Тобто, спочатку встановлюється розташування пристроїв у розривах, потім виконується повний цикл пошуку оптимальних місць у дереві, потім нове розташування у розривах і т.д. На виході фіксується оптимальна позиція як за розривами, так і за деревом фідера. В циклі перебору місць розривів будемо оптимізувати тільки однотипні пристрої (тільки реклоузери або тільки вимикачі навантаження) методом послідовного спуску, що дає можливість перебрати всі варіанти без повторень. Також слід зважати на те, що декілька місць розривів можуть дати однаковий результат (алгоритм видає тільки один результат), тому кінцевий результат необхідно перевіряти у ручному режимі.

Як було показано вище, послідовний спуск, а тим більше повний перебір вимагають великої кількості варіантів перебору, тому введемо декілька умов для зменшення цієї кількості:

- **установка з однієї сторони вітки** – перебір варіантів установки пристроїв тільки на початку вітки зі сторони живлення, що значно скорочує кількість варіантів перебору і, як правило, відповідає результатам пошуку з двох сторін;
- **пошук у заданій області** – перед оптимізацією користувач вручну відмічає область віток, в яких буде виконуватися пошук. Цей варіант доцільний як для пошуку в дереві фідера, оскільки "занурення" у відгалуження, як правило, не дає поліпшення (тобто пошук виконується у магістралі і перших вітках відгалужень), так і при пошуку місць встановлення двосторонніх реклоузерів, оскільки в цьому випадку можна відмітити траси від розривів до голови фідера (інші позиції не мають сенсу).

Також однією з умов алгоритму оптимізації зробимо контроль коректності розташування пристроїв з точки зору селективності спрацювання – **контроль рангів** комутаційних пристроїв.

Алгоритм оптимізації встановлює новий пристрій виключно на пусте місце або на місце роз'єднувача (вимикача навантаження), якщо це заміна ручного пристрою на автоматичний і ручний пристрій не приймає участі в оптимізації.

Формат вікна оптимізації місць встановлення комутаційних пристроїв показано нижче. У вихідному стані табличні дані автоматично заповнюються повним переліком фідерів (вітки що з'єднані з балансуєчими вузлами), а в полі "**Вибірка**" за замовчуванням встановлюється назва "**Усі фідери**", при цьому автоматично створюється файл **Назва схеми.Всі фідери.FDR**. В подальшому можливо формувати власну виборку фідерів, для цього в таблиці необхідно видалити зайві рядки, а в полі "**Вибірка**" вказати нову назву, наприклад, "**10 найбільших**" і нажати кнопку "**Зберегти**" – при цьому створюється новий файл, наприклад, **Назва схеми.10 найбільших.FDR**, а до списку "**Вибірка**" також додається назва "**10 найбільших**".

## Формат таблиці фідерів для оптимізації місць встановлення реклоузерів

Оптимізація місць установки реклоузерів																								
Параметри		Вибірка		Зберегти		Старт		Результати		Друк		Запис		Вихід										
N <sup>o</sup>	Фідер	N поч.	N кін.	Тп/ст	Vф	Nф	Рф,кВт	Лф,км	L пл	L кл	Lсіп	Лінія	Розрив	F	SAIDI	SAIFI	ENS	Лінія*	Розрив*	Місця встановлення	dF	dSAIDI	dSAIFI	dENS
1	СОКІЛ.1.10 -> Л-2	1379	1454			639	1 145	17.630	16.090	1.540		В-1, Н-10, Н-4, Р-1	5.959	14	0.04	6.890	Р-3	Н-1	1470 - 1477R(1); 14	3.109	8	0.01	4.248	
2	ПЕРЕМОГА.1.10 -> Л-71	1136	1198			206	370	33.580	33.420	0.160		В-1, Р-15	5.798	15	0.02	7.444	Р-3		1201 - 1202R; 1205	3.195	9	0.01	4.457	
3	СЕЛИЩЕ.1.10 -> Л-91	1231	1232			327	674	25.330	25.330			В-1, Н-2, Н-2, Р-1	6.490	15	0.03	8.773	Р-3	Н-1	1233 - 1234R; 1250	5.000	12	0.02	7.048	
4	СОКІЛ.2.10 -> Л-3	1526	1527			381	677	26.290	23.070	3.220		В-1, Н-1, Н-4	6.598	16	0.03	8.203	Р-3		1531 - 1533R(1); 15	3.523	10	0.01	5.047	
5	ВЕСЕЛИНІВКА.2.10 -> Л-441	441	442			312	556	37.635	37.510	0.085	0.040	В-1, Р-27	10.41	27	0.04	13.474	Р-3		449 - 450R(1); 459	5.939	16	0.01	8.280	
6	БЕРЕЗАНЬ.2.10 -> Л-1088	88	332			507	907	28.950	27.870	1.080		В-1, Н-6, Н-6, Р-3	11.00	27	0.05	13.856	Р-3	Н-1	338 - 339R; 364 - 36	7.209	19	0.02	9.895	
7	БЕРЕЗАНЬ.2.10 -> Л-1388	88	89			392	701	34.460	34.240	0.220		В-1, Н-1, Н-1	11.43	29	0.05	14.692	Р-3		93 - 97R(1); 109 - 11	6.430	17	0.02	8.749	
8	КОРЖІ.1.10 -> Л-77	658	735			646	1 154	27.700	26.650	1.050		В-1, Н-13, Н-8, Р-2	12.03	29	0.06	14.728	Р-3	Н-1	737 - 738R; 760 - 76	7.774	21	0.02	10.461	
9	БЕРЕЗАНЬ.1.10 -> Л-121	2	2			1073	1 919	27.818	24.000	3.800	0.018	В-1, Н-15, Н-5, Р-1	14.65	33	0.09	16.812	Р-3	Н-1	16 - 35R(1); 16 - 17	5.894	15	0.02	7.564	
10	СОКІЛ.1.10 -> Л-1	1379	1380			418	806	39.850	39.400	0.450		В-1, Р-32	Н-1	15.61	39	0.06	21.285	Р-3		1394 - 1398R; 1411	9.549	25	0.02	14.035

Позначення фідера 6-20 кВ  
 Nсум: 4901 (17047) | Lсум: 299.24 км | Pсум: 8908 кВт | Лінії: В-10, Н-48, Р-245 | Розриви: Н-31, Р-8 | Wср: 0.057 пошк./км | Тср: 519 хв | SAIDI: 243 хв | SAIFI: 0.47 шт. | ENS: 126.158 МВт\*год

**Фідер** – назви вузлів початку і кінця вітки фідера з роздільником " -> ";

**N поч., N кін.** – номери початку і кінця вітки фідера;

**Тп/ст** – час прибуття ОВБ до живлячої підстанції, хв;

**Vф** – індивідуальна вірогідність пошкоджень окремих фідерів (якщо не задано, то  $Vф = 1$ );

**Nф** – сумарна кількість точок обліку, шт.;

**Рф** – сумарна середня потужність точок обліку фідера, кВт;

**Лф** – сумарна довжина ліній фідера, км;

**L пл, L кл, Lсіп** – довжини окремих типів ліній (ПЛ, КЛ, проводів СП);

**Лінія, Розрив** – кількість комутаційних апаратів у дереві фідера і у розривах;

**F, SAIDI, SAIFI, ENS** – початкові значення цільової функції та показників надійності;

**Лінія\*, Розрив\*, Місця встановлення** – кількість і місця розташування нових комутаційних апаратів у дереві фідера і у розривах;

**dF, dSAIDI, dSAIFI, dENS** – різниця показників при переході з початкового до оптимального стану.

Видалення вибірки виконується видаленням відповідного файлу \*.FDR. Налаштування для оптимізації задаються кнопкою "Параметри", запуск процесу оптимізації в автоматичному режимі виконується кнопкою "Старт", для закриття текстового поля результатів потрібно натиснути на ньому правою кнопкою миші і вибрати пункт "Сховати", для повторного перегляду результатів оптимізації треба натиснути кнопку "Результати", друк таблиці або результатів – кнопка "Друк", запис результатів оптимізації у файл віток схеми (\*.VET) – кнопка "Запис" (записуються типи комутаційних апаратів у колонки "Ком.ап.поч", "Ком.ап.кін").

Колонки чорного кольору можуть бути скориговані, колонки синього кольору заповнюються автоматично і не можуть бути скориговані, колонки червоного кольору є результатами розрахунків. В нижній частині вікна показані сумарні показники для заданого переліку фідерів:

**Nсум** – сумарна кількість точок обліку, у дужках – в цілому по схемі;

**Lсум** – сумарна довжина ЛЕП, км;

**Pсум** – сумарна потужність точок обліку, кВт;

**Лінія, Розрив** – сумарна кількість комутаційних апаратів у дереві фідера і у розривах;

**Wср, Tср** – середні розрахункові показники потоку відмов і тривалості ліквідації пошкоджень;

**SAIDI, SAIFI, ENS** – сумарні показники надійності.

Вікно налаштувань, що відображається кнопкою "Параметри", показано нижче:

У боксі "Параметри потоку відмов" вказані параметри питомої пошкоджуваності для повітряних ліній з різними циклами АПВ, проводів СІП і кабельних ліній. Опції "Вірогід. пошкодж. фідера (Vф)" і "Вірогід. пошкодж. ліній (Vл)" дозволяють враховувати індивідуальні вірогідності пошкодження окремих фідерів або ліній. У боксі "Параметри часу ремонту" вказуються або постійні часові проміжки для варіанту **T-const**:

**Tп/ст** – час прибуття і огляду ОВБ (оперативно-виїздної бригади) живлячої підстанції;

**Tфід** – час пошуку та локалізації пошкодження вздовж фідера;

**Tрез (Р/ВН)** – середній час включення резервного живлення при встановленні у нормального розриві відповідно роз'єднувача або вимикача навантаження;

**Tрем** – середній час виконання ремонтних робіт,

або часові параметри, що залежать від довжини ліній **T-var**:

**Lжив** – довжина траси ЛЕП від живлячої підстанції до захисного комутаційного апарату пошкодженої секції, км;

**k1** – коефіцієнт, що враховує особливості руху ОВБ при переміщенні від початку фідера до пошкодженої секції;

**Lсек** – сумарна довжина ЛЕП пошкодженої секції, км;

**k2** – коефіцієнт, що враховує особливості руху ОВБ при пошуку місця пошкодження в секції.

**Вовб** – середня швидкість ОВБ при переміщенні вздовж фідера, км/год;

**k3** – коефіцієнт, що враховує особливості руху ОВБ при переміщенні в пошкодженій підсекції;

**Лрез** – довжина траси, яку проїжджає ОВБ від пошкодженої підсекції до точки включення резервного живлення.

Значення  $L_{жив}$ ,  $L_{сек}$ ,  $L_{рез}$  розраховуються автоматично за даними конфігурації мережі. Опція **РПВ** дозволяє врахувати ручне повторне включення, а в списку "**Рез.жив.**" обирається пріоритет включення резервного живлення для підсекцій (за зростанням часу підключення  $T$ , за спаданням кількості споживачів  $N$ , за спаданням навантаження  $P$ , за зростанням відношення  $T / N$ , за зростанням відношення  $T / P$ ).

В боксі "**Параметри оптимізації**" вказуються склад пристроїв у **дереві фідера** (поле "**Лінія**") і у **розривах** (поле "**КР**" – кільцевий розрив), наприклад, на рис.2.2 в лінії (у фідері) буде виконуватись пошук місць розташування трьох реклоузерів з різними рангами витримки часу МСЗ (максимальним струмовим захистом) і різною кратністю АПВ (автоматичне повторне включення) (наприклад, "**R3(1)+**" – один реклоузер з витримкою МСЗ 0.3 сек, однократним АПВ і дистанційним керуванням, "**2-R1+**" – два реклоузери з витримкою МСЗ 0.1 сек, без АПВ і дистанційним керуванням), при цьому у розривах буде виконуватись пошук оптимального місця двох вимикачів навантаження: "**2-Н**". При оптимізації використовуються наступні опції:

**"Контроль рангів"** – контроль коректного розташування захисних пристроїв за рангами: типами пристроїв, часом спрацювання МСЗ і кратністю АПВ;

**"Установка з однієї сторони"** – перебір варіантів, що включає тільки одну позицію на вітці (тільки початок);

**"Пошук в заданій області"** – перебір варіантів у вітках, відмічених користувачем (відмітка виконується на графіці схеми окремих фідерів);

**"Початкова позиція зі схеми"** – використовується виключно для методу почергового перебору – в цьому разі початкова позиція пристроїв обирається із графіки схеми окремих фідерів, а не формується автоматично на початку фідера;

**"Фіксація кроків розрахунку"** – вивід інформації за кожним кроком оптимізації.

В нижній частині задаються вагові коефіцієнти для складових цільової функції: **kd** (SAIDI), **kf** (SAIFI), **ke** (ENS).

Приклад результатів оптимізації в текстовому вигляді показано нижче.

Niter	F	SAIDI	SAIFI	ENS
100.0	243	0.47	126.158	

СОКІЛ.1.10 -> Л-2

34220 3.691 9 0.02 4.748 \_676 -> \_677|R3(1)+; \_680 -> \_839|R+; \_683 -> \_684|R+; ТП786.2 -> ТП786.1|-Н;

ПЕРЕМОГА.1.10 -> Л-71

4960 3.514 9 0.01 4.716 \_548 -> \_549|R3(1)+; \_550 -> \_551|R+; \_550 -> \_557|R+;

СЕЛИЩЕ.1.10 -> Л-91

5984 4.947 12 0.02 6.987 \_563 -> \_566|R3(1)+; \_564 -> \_861|R+; \_604 -> ЛР220|-Н; \_576 -> ТП122|R+;

СОКІЛ.2.10 -> Л-3

13244 4.271 11 0.01 5.743 \_692 -> \_693|R3(1)+; \_695 -> \_696|R+; \_701 -> \_702|R+;


ВЕСЕЛИНІВКА.2.10 -> Л-48

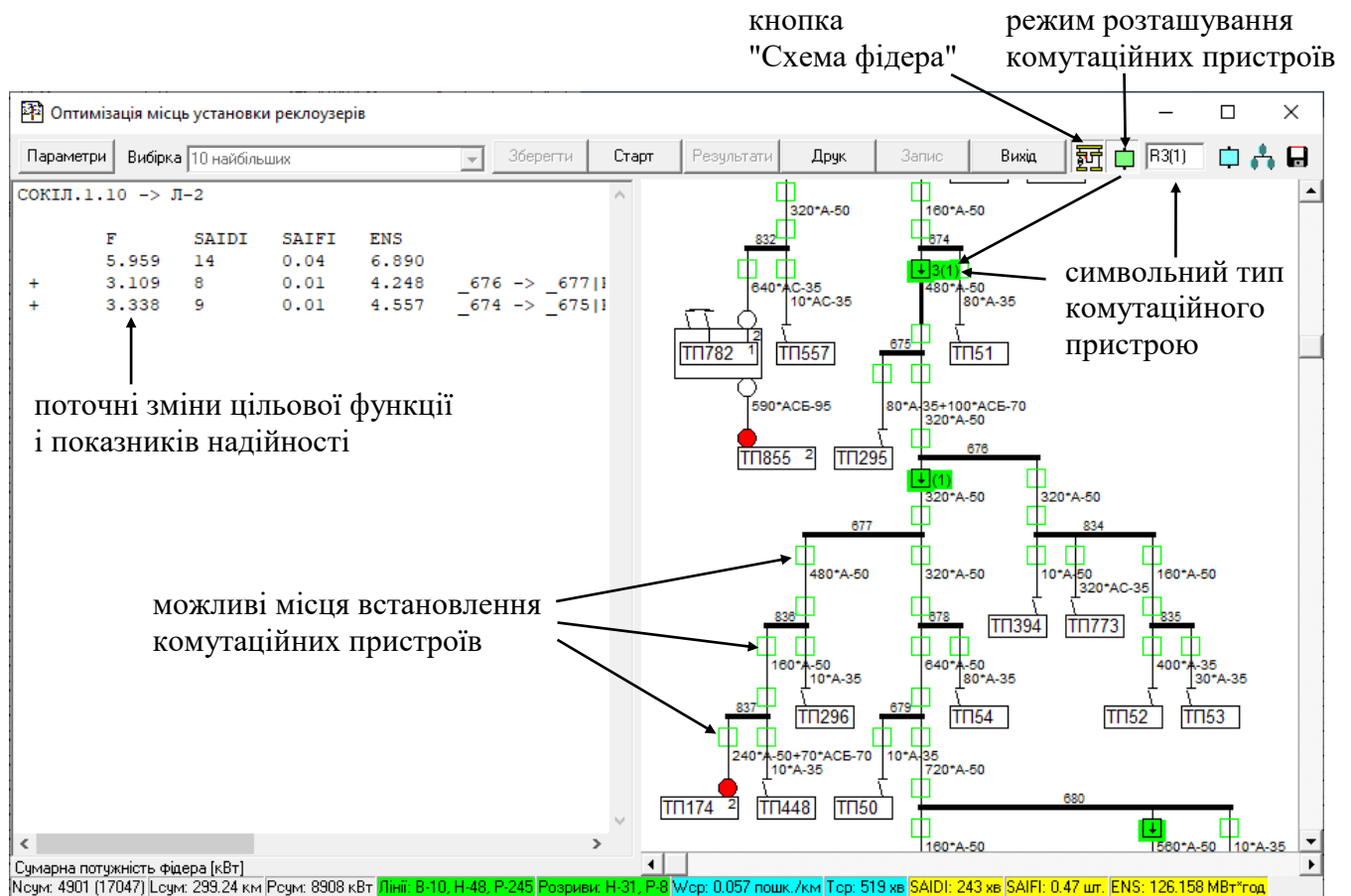
22100 7.230 19 0.02 9.671 \_198 -> \_199|R3(1)+; \_205 -> \_206|R+; \_205 -> \_214|R+;

...

Час розрахунку: 0:00:09, ітерацій: 262198

Тут наводяться початкові сумарні значення цільової функції і показників надійності, нижче виводиться перелік фідерів з числовими характеристиками. Наприклад, для оптимізації фідера **СОКІЛ.1.10 -> Л-2** знадобилось 34220 ітерацій, при цьому досягнуто ефекту зменшення цільової функції на 3.691, SAIDI – на 9 хв, SAIFI – на 0.02, ENS – на 4.748 МВт\*год, а далі справа показані місця розташування нових комутаційних пристроїв у вітках фідера. В кінці надається інформація щодо сумарного часу розрахунку і кількості ітерацій.

Для фідера, на якому розміщено курсор, можна виконати ручний процес розташування і переміщення комутаційних пристроїв за допомогою кнопки  "Схема фідера":



кнопка "Схема фідера"      режим розташування комутаційних пристроїв



символьний тип комутаційного пристрою


поточні зміни цільової функції і показників надійності

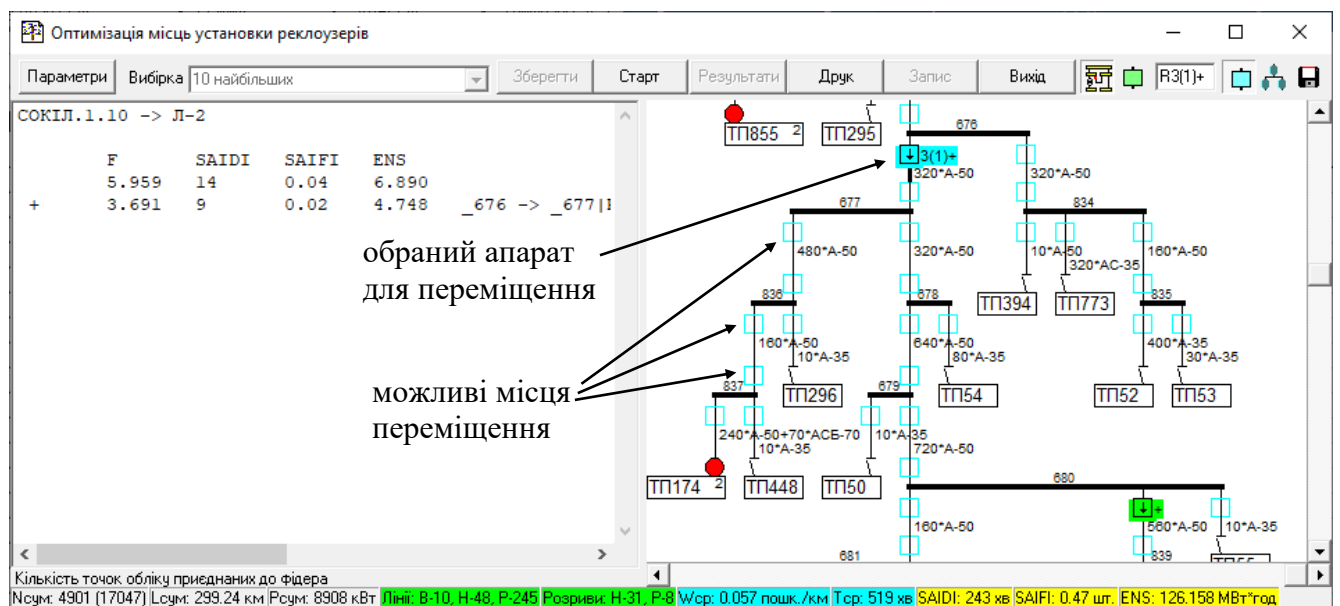
можливі місця встановлення комутаційних пристроїв

F	SAIDI	SAIFI	ENS
5.959	14	0.04	6.890
+ 3.109	8	0.01	4.248
+ 3.338	9	0.01	4.557

Сумарна потужність фідера [кВт]  
 Нсум: 4901 (17047) | Лсум: 299.24 км | Рсум: 8908 кВт | Ліній: В-10, Н-48, Р-245 | Розриви: Н-31, Р-8 | Втпр: 0.057 пошк./км | Тср: 519 хв | SAIDI: 243 хв | SAIFI: 0.47 шт. | ENS: 126.158 МВт\*год

Кнопкою  "Додати комутаційний апарат" включається режим встановлення нових комутаційних пристроїв, символьний тип апарату задається в полі вводу після кнопки  згідно типізації, що описана вище, наприклад, задано символьний тип R3(1): реклоузер з ненаправленим МСЗ, ранг витримки часу МСЗ - 3 (умовно 0.3 сек), кратність АПВ - 1. Можливі місця встановлення підсвічуються зеленими рамками. В лівій частині вікна виконуються перерахунки зміни цільової функції і показників надійності. Для видалення пристрою треба очистити поле символного типу і обрати комутаційний апарат, що підсвічено зеленим кольором.

Кнопкою  "Переміщення обраного комутаційного апарату" включається режим переміщення комутаційних пристроїв.



обраний апарат для переміщення

можливі місця переміщення



F	SAIDI	SAIFI	ENS
5.959	14	0.04	6.890
+ 3.691	9	0.02	4.748

Кількість точок обліку приєднаних до фідера  
 Нсум: 4901 (17047) | Лсум: 299.24 км | Рсум: 8908 кВт | Ліній: В-10, Н-48, Р-245 | Розриви: Н-31, Р-8 | Втпр: 0.057 пошк./км | Тср: 519 хв | SAIDI: 243 хв | SAIFI: 0.47 шт. | ENS: 126.158 МВт\*год



Для цього спочатку обирається апарат для переміщення, який підсвічується синім кольором, а потім обирається місце переміщення, що підсвічується синьою рамкою. В лівій частині вікна виконуються перерахунки змін цільової функції і показників надійності, поточні максимуми позначаються символом "+". Апарати в розривах можливо переміщувати тільки в інший розрив, а не в дерево фідера.

Кнопкою "Старт" можна запустити процес в автоматичному режимі згідно заданих налаштувань. Якщо включено опцію "Фіксація кроків розрахунку", то кожний крок пошуку буде відображатися в лівій частині вікна і на схемі фідера. Таким чином можна наочно побачити принцип дії кожного методу перебору.

Кнопкою  "Позначення області віток для участі в оптимізації" можна виділити групу віток, по яких здійснюватиметься пошук при включеній опції "Пошук в заданій області" вікна налаштувань. Кнопкою  "Зберегти зміни в схемі" поточне розташування фіксується в результуючих колонках формату оптимізації: "Лінія\*", "Розрив\*", "dF", "dSAIDI", "dSAIFI", "dENS", але запис у файл віток схеми не відбувається. Після автоматичного пошуку оптимального розташування комутаційних пристроїв їх положення автоматично фіксуються в результуючих колонках формату оптимізації.

Для скидання (очищення) результуючих колонок у таблиці фідерів формату оптимізації ("Лінія\*", "Розрив\*", "dF", "dSAIDI", "dSAIFI", "dENS") необхідно їх виділити (мишкою або клавішами "Shift"+→,←) і натиснути клавіші "Ctrl"+"Del".

## 4.12. Розрахунок ТВЕ

Розрахунок технологічних витрат електроенергії (ТВЕ) для повної схеми вибирається пунктом меню "Втрати енергії" → "Розрахунок ТВЕ" або кнопкою "ТВЕ" на панелі керування. Приклад результатів розрахунків наведено нижче:

### Розрахунок технологічних витрат електроенергії

Сумарний прийом e/e	W(+)	:	3520000	кВт*год	
Видача в інші мережі	W(-)	:	400000	кВт*год	
Сумарна генерація	Wген	:	850000	кВт*год	
Власні потреби	Wвп	:	62000	кВт*год	
Сальдований прийом	Wсальд	:	3908000	кВт*год	
Сумарне споживання	Wспож	:	3444000	кВт*год	
Технологічні витрати (ТВЕ)		:	464000	кВт*год	(11.9 %)

У загальному випадку технологічні витрати електроенергії обчислюються за формулою:

$$ТВЕ = W_{(+)} - W_{(-)} + W_{ГЕН} - W_{СПОЖ} - W_{В.П.},$$

позначивши  $W_{САЛЬД} = W_{(+)} - W_{(-)} + W_{ГЕН} - W_{В.П.}$ , отримаємо:

$$ТВЕ = W_{САЛЬД} - W_{СПОЖ}, \quad ТВЕ\% = ТВЕ \cdot 100\% / W_{САЛЬД}, \text{ де}$$

$W_{(+)}$  – сумарний прийом (відпуск) електроенергії в схему;

$W_{(-)}$  – сумарна видача електроенергії в мережі інших енергокомпаній;

$W_{СПОЖ}$  – сумарне споживання (корисний відпуск) електроенергії власними промисловими і побутовими споживачами;

$W_{ГЕН}$  – сумарна генерація внутрішніх ГЕС, СЕС, ВЕС та ін.;


$W_{ВП}$  – сумарний відпуск на власні потреби;

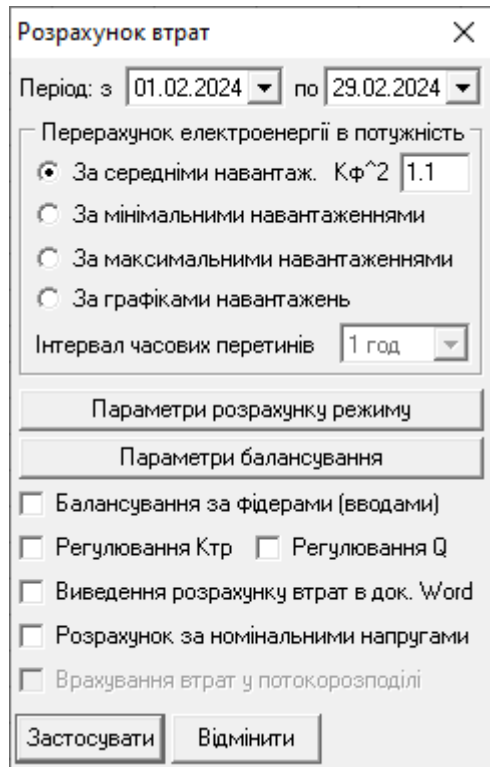
$W_{САЛЬД}$  – сальдований прийом (відпуск) електроенергії в схему.

Значення власних потреб не включено до ТВЕ з міркувань зручності подальшого поділу ТВЕ на складові технічних і комерційних (нетехнічних) втрат, хоча в нормативних документах і звітах енергокомпаній власні потреби обов'язково відносяться до ТВЕ.

Сумарний прийом, видача і власні потреби підсумовуються з таблиць перетоків (п.4.1.3) та вузлів схеми (п.4.1.1) за ознаками "+", "-", "С" у колонці "+/-" таблиці перетоків, та колонці "П" таблиці вузлів схеми, при цьому в таблиці перетоків використовуються колонки "P→", "Q→", "P←", "Q←", а в таблиці вузлів схеми колонки "WРспож", "WQспож", "WРген", "WQген". Сумарне споживання і генерація також формуються з таблиць перетоків і вузлів схеми, при цьому в обох таблицях використовуються колонки "WРспож", "WQспож", "WРген", "WQген".

### 4.13. Розрахунок втрат електроенергії

Розрахунок втрат електроенергії в елементах схеми вибирається пунктом меню "Втрати енергії" → "Розрахунок втрат" або кнопкою  на панелі керування.



Розрахунок втрат

Період: з 01.02.2024 по 29.02.2024

Перерахунок електроенергії в потужність

За середніми навантаж. Кф<sup>2</sup> 1.1

За мінімальними навантаженнями

За максимальними навантаженнями

За графіками навантажень

Інтервал часових перетинів 1 год

Параметри розрахунку режиму

Параметри балансування

Балансування за фідерами (вводами)

Регулювання Ктр  Регулювання Q

Виведення розрахунку втрат в док. Word

Розрахунок за номінальними напругами

Врахування втрат у поточкорозподілі

Застосувати Відмінити

У вікні "Розрахунок втрат" необхідно визначити розрахунковий період і спосіб перерахунку електроенергії в потужність. Перерахунок за мінімальними, максимальними навантаженнями і за графіками навантажень має сенс лише у разі задання номерів графіків навантажень у таблиці вузлів схеми або в таблиці перетоків у лініях. Кнопкою "Параметри розрахунку режиму" обираються налаштування задачі розрахунку режиму (п.4.6) – тут в основному визначаються точність розрахунку втрат, контрольні межі по напрузі та розмірність результатів – МВт·год або кВт·год. Кнопкою "Параметри балансування" обираються налаштування задачі балансування (п.4.7). Опція "Балансування за фідерами (вводами)" задає необхідність балансування навантажень в процесі розрахунку втрат. Така необхідність може виникнути при недостовірних навантаженнях у вузлах схеми і наявності вимірів графіку навантажень на живлячих фідерах або вводах підстанцій. Включення опцій "Регулювання Ктр" і "Регулювання Q" дозволяє в автоматичному режимі запускати задачі оптимізації коефіцієнтів трансформації та реактивних потужностей (п.4.11.2, 4.11.3) в процесі розрахунку втрат. Така

необхідність може виникнути при моделюванні роботи РПН трансформаторів або регуляторів реактивної потужності в автоматичному режимі у різних зрізах часу графіків навантажень. Опція "Виведення розрахунку втрат в док. Word" формує результати розрахунку втрат у файл "Втрати+Назва схеми.doc" за шаблоном "Втрати.doc". Опція "Розрахунок за номінальними напругами" дозволяє виконати розрахунок втрат навіть в умовах, коли ітераційний процес не збігається. Таку опцію можна використовувати виключно для **розімкнених мереж**, при цьому поточкорозподіл кожної вітки формується з урахуванням всіх навантажень, що живляться від цієї вітки, а для розрахунку втрат використовуються номінальні напруги. Додаткова опція "Врахування втрат у поточкорозподілі" крім навантажень також враховує втрати у всіх елементах, що живляться від цієї вітки. Для запуску розрахунку потрібно натиснути кнопку "Застосувати". Після закінчення розрахунку в головному вікні програми виводяться загальні характеристики розрахунку втрат, наприклад:

Схема : Схема 10(6) кВ (Дата розрахунку: 22.04.2024 16:53:53)

Розрахунковий період : 01.02.2024 - 29.02.2024

[Розрахунок за графіками навантажень]

Сумарне споживання	: 3855999.989 кВт*год	1792500.000 кВАр*год
Сумарна генерація	: -850000.000 кВт*год	-195000.000 кВАр*год
Балансна потужність	: -3302722.801 кВт*год	-1803284.580 кВАр*год
Сумарні втрати	: 296722.818 кВт*год	205784.583 кВАр*год
Змінні втрати (Z)	: 267770.953 кВт*год	191466.122 кВАр*год
від потоків (P->)	: 212340.731 кВт*год	
від потоків (Q->)	: 55430.222 кВт*год	
Умовно-постійні (Y)	: 28951.865 кВт*год	14318.461 кВАр*год
Сумарний небаланс	: -0.007 кВт*год	-0.004 кВАр*год

Тут наведено назву схеми, дату розрахунку, розрахунковий період, тип перерахунку електроенергії в потужність. Нижче наведено сумарні характеристики схеми – активне та реактивне споживання, генерація, балансна потужність (сумарна потужність БП та ФМ), втрати у схемі, різні складові втрат та розрахунковий небаланс = генерація + споживання + балансна потужність + втрати у схемі.

При розрахунку втрат для кожного зрізу часу виконується контроль перевищення допустимих значень за чотирма складовими:

"U-" – занижені рівні напруги;

"U+" – завищені рівні напруги;

"Iл" – перевищення допустимих струмів ліній;

"St" – перевищення допустимих перетоків трансформаторів,

а також, у випадку неможливості балансування навантажень за заданими перетоками, повідомлення "НЕБАЛАНС". Контрольні повідомлення можна переглянути, вибравши пункт меню "Втрати енергії" → "Контрольні повідомлення".

Для розрахунків втрат за середніми, мінімальними або максимальними навантаженнями розрахунок втрат проводиться один раз, оскільки навантаження вузлів фіксовані і контрольні повідомлення виводяться також один раз, наприклад:

.. НЕБАЛАНС .. [U-] .. [U+] .. [Iл] .. [St]

При розрахунках втрат за графіками навантажень розрахунки проводяться для кожної години і контрольні повідомлення можуть виводитися для окремих часових зрізів, наприклад, дати та години:

01.12.2007 07.. НЕБАЛАНС .. [U-] .. [U+] .. [Iл] .. [St]

01.12.2007 08.. НЕБАЛАНС .. [U-] .. [U+] .. [Iл] .. [St]

01.12.2007 09.. НЕБАЛАНС .. [U-] .. [U+] .. [Iл] .. [St]

01.12.2007 10.. НЕБАЛАНС .. [U-] .. [U+] .. [Iл] .. [St]

01.12.2007 11.. НЕБАЛАНС .. [U-] .. [U+] .. [Iл] .. [St]

01.12.2007 12.. НЕБАЛАНС .. [U-] .. [U+] .. [Iл] .. [St]

При розрахунках втрат за графіками навантажень з урахуванням балансування навантажень, або при використанні опцій регулювання Kтр або Q, може виникнути необхідність контролю або перегляду величин, що регулюються. Такий контроль можна виконати задавши номер графіка контрольованого параметру з від'ємним знаком у колонках "Ng (Pн)", "Ng (Qн)", "Ng (Pг)", "Ng (Qг)", "Ng (U)", "Ng (Kт')", "Ng (Kт'')", при цьому після закінчення розрахунку втрат ці графіки сформуються автоматично. Якщо такі графіки формуються вперше, то будуть видані повідомлення про їх відсутність в базі графіків, наприклад: **Схема "Схема 10(6) кВ". Графік напруг № -1 не знайдений, вузол 17**, що не є помилкою. Таким чином, в якості контрольованих параметрів можуть виступати навантаження і генерація вузлів (Pнав, Qнав, Pген, Qген), модулі напруг вузлів (Um) і коефіцієнти трансформації (Kт', Kт''). Змінивши знаки номерів графіків на позитивні у таблицях вузлів і віток схеми а також в каталозі графіків, отримаємо графіки відповідних параметрів: навантажень, напруг або коефіцієнтів трансформації.

При розрахунках втрат за графіками навантажень автоматично формуються графіки сумарних втрат активної і реактивної потужності з номерами -999999999 і -888888888.

Аналіз втрат і завантаження окремих елементів схеми виконується за результуючими таблицями, формати яких представлені нижче.

#### 4.13.1. Втрати в лініях

Таблиця вибирається пунктом меню "Втрати енергії" → "Втрати в лініях" або кнопкою Wл на панелі керування. Склад колонок:

Колонка	Опис
Uном	номінальна напруга лінії [кВ];
N поч, N кін	номери вузлів початку та кінця вітки;
Початок, Кінець	найменування вузлів початку та кінця вітки;
N лінії	диспетчерське позначення лінії;
Марка лінії	марка та довжина лінії в стандартному форматі;
dWP (Z), dWQ (Z)	змінні активні та реактивні втрати в опорі лінії [кВт·год, кВАр·год];
dWP (Y), dWQ (Y)	умовно-постійні активні та реактивні втрати в провідності лінії [кВт·год, кВАр·год];
dWPсум, dWQсум	сумарні активні та реактивні втрати в лінії [кВт·год, кВАр·год];
A	ознака приналежності: " " - основні мережі, "А" - абонентські, "Б" - безгоспні, "С" - сусідні;
Приналеж.	балансна приналежність.

#### 4.13.2. Втрати в трансформаторах

Таблиця вибирається пунктом меню "Втрати енергії" → "Втрати в тр-рах" або кнопкою **Вт** на панелі керування. Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>Уном</b>	номінальна напруга обмотки ВН трансформатора [кВ];
<b>N поч, N кін</b>	номери вузлів початку та кінця вітки;
<b>Початок, Кінець</b>	найменування вузлів початку та кінця вітки, початок – сторона ВН, кінець – сторона НН;
<b>Nтр</b>	диспетчерське позначення (номер) трансформатора;
<b>Марка тр-ра</b>	марка, потужність, номінальна напруга обмоток трансформатора;
<b>dWP (Z), dWQ (Z)</b>	змінні активні та реактивні втрати в опорі трансформатора [кВт·год, кВАр·год];
<b>dWP (Y), dWQ (Y)</b>	умовно-постійні активні та реактивні втрати в провідності тр-ра [кВт·год, кВАр·год];
<b>dWPсум, dWQсум</b>	сумарні активні та реактивні втрати в трансформаторі [кВт·год, кВАр·год];
<b>A</b>	ознака приналежності: " " - основні мережі, "А" - абонентські, "Б" - безгоспні, "С" - сусідні;
<b>Приналеж.</b>	балансна приналежність.

#### 4.13.3. Завантаження ліній

Таблиця вибирається пунктом меню "Втрати енергії" → "Завантаження ліній". Початково таблицю відсортовано за колонкою "I%". Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>Уном</b>	номінальна напруга лінії [кВ];
<b>N поч, N кін</b>	номери вузлів початку та кінця вітки;
<b>Початок, Кінець</b>	найменування вузлів початку та кінця вітки;
<b>N лінії</b>	диспетчерське позначення лінії;
<b>Марка лінії</b>	марка та довжина лінії в стандартному форматі;
<b>Imin, Imax</b>	відповідно мінімальний та максимальний розрахункові струми лінії [А];
<b>Iдоп</b>	допустимий струм лінії [А];
<b>I%</b>	максимальне завантаження лінії у відсотках від допустимого: $I\% = I_{max} \cdot 100\% / I_{доп}$ ;
<b>WPп →, WQп →</b>	активний та реактивний перетоки "вправо" на початку лінії [кВт·год, кВАр·год];
<b>WPп ←, WQп ←</b>	активний та реактивний перетоки "вліво" на початку лінії [кВт·год, кВАр·год];
<b>WPк →, WQк →</b>	активний та реактивний перетоки "вправо" в кінці лінії [кВт·год, кВАр·год];
<b>WPк ←, WQк ←</b>	активний та реактивний перетоки "вліво" в кінці лінії [кВт·год, кВАр·год].

#### 4.13.4. Завантаження трансформаторів

Таблиця вибирається пунктом меню "Втрати енергії" → "Завантаження тр-рів". Початково таблицю відсортовано за колонкою "S%". Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>Уном</b>	номінальна напруга обмотки ВН трансформатора [кВ];
<b>N поч, N кін</b>	номери вузлів початку та кінця вітки;
<b>Початок, кінець</b>	найменування вузлів початку та кінця вітки, початок – сторона ВН, кінець – сторона НН;
<b>Nтр</b>	диспетчерське позначення (номер) трансформатора;
<b>Марка тр-ра</b>	марка, потужність, номінальна напруга обмоток трансформатора;
<b>Smin, Smax</b>	відповідно мінімальна та максимальна розрахункові потужності трансформатора [кВА];
<b>Sном</b>	номінальна потужність трансформатора [кВА];
<b>S%</b>	максимальне завантаження трансформатора у відсотках: $S\% = S_{max} \cdot 100\% / S_{ном}$ ;
<b>WPп →, WQп →</b>	активний та реактивний перетоки "вправо" зі сторони ВН [кВт·год, кВАр·год];
<b>WPп ←, WQп ←</b>	активний та реактивний перетоки "вліво" зі сторони ВН [кВт·год, кВАр·год];
<b>WPк →, WQк →</b>	активний та реактивний перетоки "вправо" зі сторони НН [кВт·год, кВАр·год];
<b>WPк ←, WQк ←</b>	активний та реактивний перетоки "вліво" зі сторони НН [кВт·год, кВАр·год].

#### 4.13.5. Споживання у вузлах

Таблиця вибирається пунктом меню "Втрати енергії" → "Споживання у вузлах". Склад колонок:

<i>Колонка</i>	<i>Опис</i>
<b>N вузла</b>	номер вузла;
<b>Позначення</b>	текстове позначення вузла;
<b>п</b>	ознака: "b" – балансуючий пункт, "u" – вузол з фіксацією модуля напруги, "+", "-" – прийом, видача електроенергії у вузлі, "С" – власні потреби;
<b>WPспож, WQспож</b>	розрахункове споживання активної та реактивної електроенергії [кВт·год, кВАр·год];
<b>WPген, WQген</b>	розрахункова генерація активної та реактивної електроенергії [кВт·год, кВАр·год];

<b>WPшунт, WQшунт</b>	активні та реактивні втрати в шунті [кВт·год, кВАр·год];
<b>Uном</b>	номінальна напруга вузла [кВ];
<b>Umin, Umax</b>	мінімальна та максимальна розрахункова напруга вузла [кВ];
<b>dUmin, dUmax</b>	відсоток відхилення мінімальної та максимальної напруги від номінальної.

#### 4.13.6. Втрати в схемі

Для перегляду втрат активної та реактивної електроенергії за різними групами елементів схеми в залежності від обраного критерію (ранжування втрат) потрібно вибрати пункт меню "Втрати енергії" → "Втрати в схемі" або натиснути кнопку **ΔП** на панелі інструментів. При цьому з'являється додаткова панель інструментів:



а в нижній частині вікна виводиться таблиця, наприклад:

Сумарні втрати: dWPсум = 296723 кВт\*год

Обладнання	Uном	Приналежність	dWP	%	dWQ	dWP (Z)	%	dWQ (Z)	dWP (Y)	%	dWQ (Y)	dWP (P->)	%	dWP (Q->)	%
			296723	100	205785	267771	90	191466	28952	10	14318	212341	72	55430	19

де

dWPсум – сумарні активні втрати у схемі;

dWP, dWQ – сумарні активні та реактивні втрати за обраними критеріями;

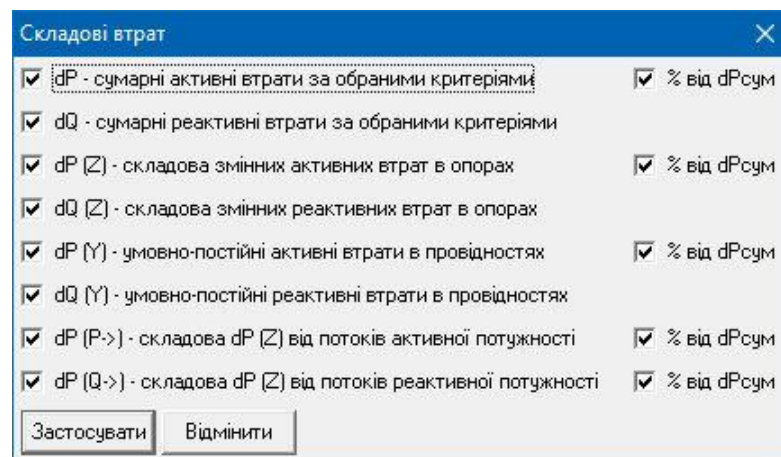
dWP (Z), dWQ (Z) – змінні активні та реактивні втрати в опорах;

dWP (Y), dWQ (Y) – умовно-постійні активні та реактивні втрати в провідностях;

dWP(P->), dWP(Q->) – складова dWP (Z) від потоків активної і реактивної потужності;

% – відсоток від сумарних активних втрат у схемі.

Кнопкою "Вибір складових втрат" здійснюється вибір потрібних величин:



Ранжування втрат здійснюється за критеріями:

1. Обладнання (**Усі, Лінії, КЛ, ПЛ, Тр-ри**) – ранжування втрат за лініями (усіма або окремо ПЛ і КЛ) та трансформаторами.

2. Uном (**Усі, 10, 6, 0.38 ...**) – ранжування за класами напруги, які наявні в даній схемі.

3. Приналежність (**Усі, Основні мережі, Абонентські мережі, Безгоспні мережі, Мережі інших ЕК**) – ранжування за балансною приналежністю обладнання (абонентські ділянки відмічаються ознакою "А", безгоспні – "Б", мережі інших (сусідніх) ЕК – "С" у колонці "А" таблиці віток схеми).

4. Райони (**Усі, 1, 2, 3 ...**) – ранжування за заданими користувачем номерами районів (колонка "Nr" у таблиці віток схеми).

Після вибору потрібних критеріїв необхідно натиснути кнопку "**Розрахунок втрат за критеріями:**" на додатковій панелі інструментів – до таблиці у нижній частині вікна повинні додатися значення втрат за обраними критеріями, наприклад:

Розрах. втрат за критеріями: Обладнання Лінії Уном Усі Приналежність Усі Райони Усі

Сумарні втрати:  $\Delta W_{\Sigma} = 296723 \text{ кВт}\cdot\text{год}$

Обладнання	Уном	Приналежність	$\Delta W$	%	$\Delta Q$	$\Delta W (Z)$	%	$\Delta Q (Z)$	$\Delta W (Y)$	%	$\Delta Q (Y)$	$\Delta W (P \rightarrow)$	%	$\Delta W (Q \rightarrow)$	%
			296723	100	205785	267771	90	191466	28952	10	14318	212341	72	55430	19
Лінії			245177	83	-104569	242866	82	89545	2311	1	-194114	191877	65	50988	17

Розрах. втрат за критеріями: Обладнання Лінії Уном 10 Приналежність Усі Райони Усі


Сумарні втрати:  $\Delta W_{\Sigma} = 296723 \text{ кВт}\cdot\text{год}$

Обладнання	Уном	Приналежність	$\Delta W$	%	$\Delta Q$	$\Delta W (Z)$	%	$\Delta Q (Z)$	$\Delta W (Y)$	%	$\Delta Q (Y)$	$\Delta W (P \rightarrow)$	%	$\Delta W (Q \rightarrow)$	%
			296723	100	205785	267771	90	191466	28952	10	14318	212341	72	55430	19
Лінії			245177	83	-104569	242866	82	89545	2311	1	-194114	191877	65	50988	17
Лінії	10		110742	37	-151381	108628	37	42089	2115	1	-193470	82055	28	26572	9

Розрах. втрат за критеріями: Обладнання Лінії Уном 10 Приналежність Абонент. мережі Райони Усі

Сумарні втрати:  $\Delta W_{\Sigma} = 296723 \text{ кВт}\cdot\text{год}$

Обладнання	Уном	Приналежність	$\Delta W$	%	$\Delta Q$	$\Delta W (Z)$	%	$\Delta Q (Z)$	$\Delta W (Y)$	%	$\Delta Q (Y)$	$\Delta W (P \rightarrow)$	%	$\Delta W (Q \rightarrow)$	%
			296723	100	205785	267771	90	191466	28952	10	14318	212341	72	55430	19
Лінії			245177	83	-104569	242866	82	89545	2311	1	-194114	191877	65	50988	17
Лінії	10		110742	37	-151381	108628	37	42089	2115	1	-193470	82055	28	26572	9
Лінії	10	Абонент. мережі	35924	12	-125622	34748	12	12649	1177	0	-138271	27196	9	7552	3

Для очищення вікна з таблицею втрат потрібно натиснути кнопку  "Очищення вибірки втрат" на додатковій панелі інструментів.

Вікно з таблицею втрат у нижній частині вікна закривається правою кнопкою миші та вибором пункту "Сховати".

#### 4.13.7. Звіт з втрат

Перегляд та виведення на друк звіту про втрати за шаблоном файлу "Втрати.doc" вибирається пунктом меню "Втрати енергії" → "Звіт за втратами" (на диску зберігається файл "Втрати+Назва схеми.doc").

#### 4.13.8. Загальні характеристики

Виведення на екран загальних характеристик схеми за втратами виконується вибором пункту меню "Втрати енергії" → "Загальні характеристики".

#### 4.13.9. Контрольні повідомлення

Виведення на екран контрольних повідомлень за результатами розрахунку втрат (порушення допусків за напругою, струмами, перетіканнями) виконується вибором пункту меню "Втрати енергії" → "Контрольні повідомлення".

### 4.14. Баланси електроенергії

Технологічні витрати електроенергії (ТВЕ), що розраховуються за даними приладів обліку для всієї схеми (п. 4.12), також можна скласти для її окремих фрагментів:

$$TBE = W_{(+)} - W_{(-)} + W_{\text{ГЕН}} - W_{\text{СПОЖ}} - W_{\text{В.П.}}, \quad (4.1)$$

позначивши  $W_{\text{САЛЬД}} = W_{(+)} - W_{(-)} + W_{\text{ГЕН}} - W_{\text{В.П.}}$ , отримаємо:

$$TBE = W_{\text{САЛЬД}} - W_{\text{СПОЖ}}, \quad TBE\% = TBE \cdot 100\% / W_{\text{САЛЬД}}, \quad (4.2)$$

де  $W_{(+)}$ ,  $W_{(-)}$  – сумарні прийом і видача електроенергії в(із) фрагмент(а) схеми;  
 $W_{\text{СПОЖ}}$ ,  $W_{\text{ГЕН}}$  – сумарне споживання (корисний відпуск) і генерація (ГЕС, СЕС, ВЕС);  
 $W_{\text{В.П.}}$  – сумарні витрати на власні потреби п/ст, що входять до фрагменту схеми;  
 $W_{\text{САЛЬД}}$  – сальдований прийом електроенергії у фрагмент схеми.

З іншого боку ТВЕ включає наступні складові:

$$\text{TBE} = \Delta W_{\text{т.в.}} + \Delta W_{\text{к.в.}} \pm \Delta W_{\text{м.п.}}, \quad (4.3)$$

де  $\Delta W_{\text{т.в.}}$  – **технічні втрати** електроенергії в елементах електричної мережі (трансформатори, лінії, реактори);

$\Delta W_{\text{к.в.}}$  – **комерційні втрати**, обумовлені крадіжками електроенергії, недообліком електроенергії при малій завантаженості лічильників, роботою засобів обліку з похибками, що перевищують нормовані величини, несинхронністю зняття показань комерційних і технічних приладів обліку, недостовірністю визначення обсягу споживання за фактичною оплатою для побутових споживачів, помилками обчислення обсягів споживання, та ін.;

$\Delta W_{\text{м.п.}}$  – **метрологічна похибка** вимірів електроенергії.

Допустиме значення метрологічної похибки обчислюється за такою формулою:

$$\Delta W_{\text{МП}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\delta_i \cdot W_i)^2}, \quad (4.4)$$

де  $\delta_i$  – значення похибки  $i$ -го засобу виміру, що включає лічильник, трансформатори струму та напруги;

$W_i$  – значення електроенергії  $i$ -го засобу виміру;

$N$  – кількість засобів виміру.

Виконання розрахунку метрологічної похибки за всіма комерційними обліками, які приймають участь у балансі електроенергії, є досить проблематичним, тому введемо позначення небалансу електроенергії або **нетехнічної** складової втрат:

$$\Delta W_{\text{н.в.}} = \Delta W_{\text{к.в.}} \pm \Delta W_{\text{м.п.}} \quad (4.5)$$

і, виразивши його через ТВЕ, отримаємо вираз::

$$\Delta W_{\text{н.в.}} = \text{TBE} - \Delta W_{\text{т.в.}} \quad (4.6)$$

*Задача складання балансів електроенергії полягає у **пошуку і локалізації місць** із найбільшими **нетехнічними (комерційними) втратами** електроенергії ( $\Delta W_{\text{н.в.}}$ ) і застосуванні практичних заходів для їх усунення, наприклад, впровадження автоматизованих систем збору даних в багатоквартирних будинках, винесення приладів обліку назовні у приватному секторі, встановлення контрольних засобів обліку в РП, ТП та лініях 0.38 кВ, використання засобів обліку із сигналізацією впливу потужних магнітів, заміна проводів 0.38 кВ на СПП, організація контрольних вимірів побутових споживачів та ін.*

Аналіз розрахункової **технічної складової втрат** ( $\Delta W_{\text{т.в.}}$ ) дозволяє впроваджувати заходи для її зниження, наприклад, оптимізація місць розривів, встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності, збільшення пропускної спроможності КЛ або ПЛ на головних ділянках, заміна малозавантажених трансформаторів на меншу потужність та ін.

Засоби вимірювання промислових та побутових споживачів, а також розподіленої генерації ГЕС, СЕС, ВЕС та ін., відносяться до **комерційного обліку електроенергії** (складові  $W_{\text{спож}}$ ,  $W_{\text{ген}}$ ), а контрольні засоби вимірювання енергокомпанії, що використовуються для складання балансів електроенергії, називають **технічним обліком електроенергії** (складові  $W_{(+)}$ ,  $W_{(-)}$ ,  $W_{\text{в.п.}}$ ).

При складанні балансу електроенергії за всією схемою РЕМ точки обліку  $W_{(+)}$ , як правило, розташовуються на **вводах**, а точки обліку  $W_{(-)}$ ,  $W_{\text{ген}}$ ,  $W_{\text{в.п.}}$  – на **фідерах** секцій шин 10(6) кВ живлячих підстанцій. Для визначення обсягу електроенергії, що надходить в мережу і витрачається безпосередньо на споживачів (корисний відпуск) і на втрати електроенергії, розраховується значення  $W_{\text{сальд}}$  – сальдований прийом (відпуск) електроенергії, який також використовується для розрахунку значення ТВЕ у відсотках:  $\text{TBE}\% = \text{TBE} \cdot 100\% / W_{\text{сальд}}$ .

Для довільного фрагменту схеми в якості вхідного значення  $W_{(+)}$  можна використовувати контрольні прилади обліку у внутрішній частині схеми, наприклад, обліки на фідерах 10(6) кВ живлячих підстанцій, фідерах 10(6) кВ РП, трансформаторних вводах 10(6)/0.38 кВ ТП, лініях 0.38 кВ та ін. В цьому випадку баланс розраховується для вхідної точки обліку  $W_{(+)}$  з урахуванням **поточної конфігурації схеми** і автоматичним визначенням значень  $W_{(-)}$ ,  $W_{\text{ген}}$ ,  $W_{\text{спож}}$  (обліки власних потреб  $W_{\text{в.п.}}$  на ТП, РП практично відсутні). Побудова балансу можлива у двох варіантах:

- врахування контрольних точок обліку, що знаходяться нижче за ланцюгом живлення від початкової точки обліку  $W_{(+)}$ , як точок видачі  $W_{(-)}$ , тобто фрагмент схеми починається на вхідній точці  $W_{(+)}$  і закінчується або на точках обліку споживачів, або на найближчих точках  $W_{(-)}$ , при цьому між такими точками може взагалі не бути споживачів. Типовим випадком такого варіанту є баланс між точками обліку на вводах і фідерах 10(6) кВ живлячих підстанцій;
- контрольні точки обліку, що знаходяться нижче за ланцюгом живлення від початкових точок обліку  $W_{(+)}$  не враховуються, тобто фрагмент схеми починається на вхідній точці  $W_{(+)}$  і закінчується на точках обліку споживачів, що живляться від неї.

Розрахунок ТВЕ у відсотках від сальдованого відпуску в мережу ( $W_{\text{сальд}}$ ) для фрагментів схеми вже не є коректним, оскільки  $W_{(-)}$ ,  $W_{\text{ген}}$  і  $W_{\text{в.п.}}$  знаходяться всередині фрагменту і також створюють втрати. В такому випадку ТВЕ відносять до сумарного надходження у фрагмент схеми:

$$\text{ТВЕ}\% = \text{ТВЕ} \cdot 100\% / W_{\text{надх}}, \text{ де } W_{\text{надх}} = W_{(+)} + W_{\text{ген}}. \quad (4.7)$$

Слід зазначити, що чим менші абсолютні значення обсягів електроенергії, тим більшими стають відносні значення у відсотках, тому при аналізі таких фрагментів не варто зосереджуватись і робити висновки за даними у відсотках.

При розрахунку нормованих значень ТВЕ енергокомпанії обов'язково включають до них витрати на власні потреби підстанцій, але у комплексі РАОТВ власні потреби не включені до ТВЕ з наступних міркувань:

- у формулі ТВЕ (4.1) наявні сумарні величини, що визначаються тільки за **приладами обліку**, а у формулі (4.3) – тільки **розрахункові** величини;
- аналіз ТВЕ зводиться до аналізу **двох** (а не трьох) складових ( $\Delta W_{\text{т.в.}}$  і  $\Delta W_{\text{н.в.}}$ );
- в схемах РЕМ 10(6) кВ обліку власних потреб, як правило, є тільки на секціях шин живлячих підстанцій, а не всередині схеми, тобто фактично не створюють втрат.

При складанні балансів електроенергії в замкнених мережах 110/35 кВ точки обліку  $W_{(-)}$ ,  $W_{\text{ген}}$  і  $W_{\text{в.п.}}$ , як правило, знаходяться всередині мережі, тобто для розрахунку ТВЕ у відсотках треба використовувати формулу (4.7). При цьому баланс за будь-якою вхідною точкою обліку  $W_{(+)}$  автоматично включає всі інші обліки  $W_{(+)}$ , що живлять фрагмент схеми з урахуванням замкненої мережі.

До нормованих значень ТВЕ також обов'язково включають втрати в абонентських мережах – у формулі (4.1) вони входять до складу корисного відпуску  $W_{\text{спож}}$ , але оскільки користувач, як правило, не має точної інформації про те в якому саме обладнанні нараховано втрати (крім цього абонентські втрати можуть розподіляти на декількох споживачів), то при складанні балансів у комплексі РАОТВ можливі два варіанти:

1) абонентські втрати входять до складу корисного відпуску  $W_{\text{спож}}$ , при цьому розрахункові технічні втрати в абонентському обладнанні (лінії, трансформатори, реактори) не входять до складу  $W_{\text{т.в.}}$ .

2) абонентські втрати не враховуються, при цьому враховуються розрахункові технічні втрати в абонентському обладнанні (лінії, трансформатори, реактори).

Значення абонентських втрат знаходиться у колонці "**dWP**" таблиці вузлів схеми, а позначення абонентського обладнання знаходиться у колонці "**A**" таблиці віток схеми.

На коректність розрахунку **нетехнічних втрат** істотно впливає коректність розрахунків **технічних втрат** електроенергії  $\Delta W_{\text{тв}}$  (прив'язка комерційних обліків електроенергії до ліній і трансформаторів ТП, РП, визначення завантаження ліній і трансформаторів за даними електроспоживання, розрахунок еквівалентних втрат в лініях 0.38 кВ) і врахування **зміни конфігурації** мережі за розрахунковий період, оскільки це впливає на всі складові, що відносяться до того чи іншого вхідного технічного обліку, для якого складається баланс електроенергії.

На рис.4.11 показано структуру обліку електроенергії на прикладі трьох основних об'єктів мережі 10(6)/0.38 кВ РЕМ: живляча підстанція 35/10 кВ (ПС "Північна"), розподільча підстанція 10 кВ (РП-1) і трансформаторний пункт 10/0.38 кВ (ТП-3).



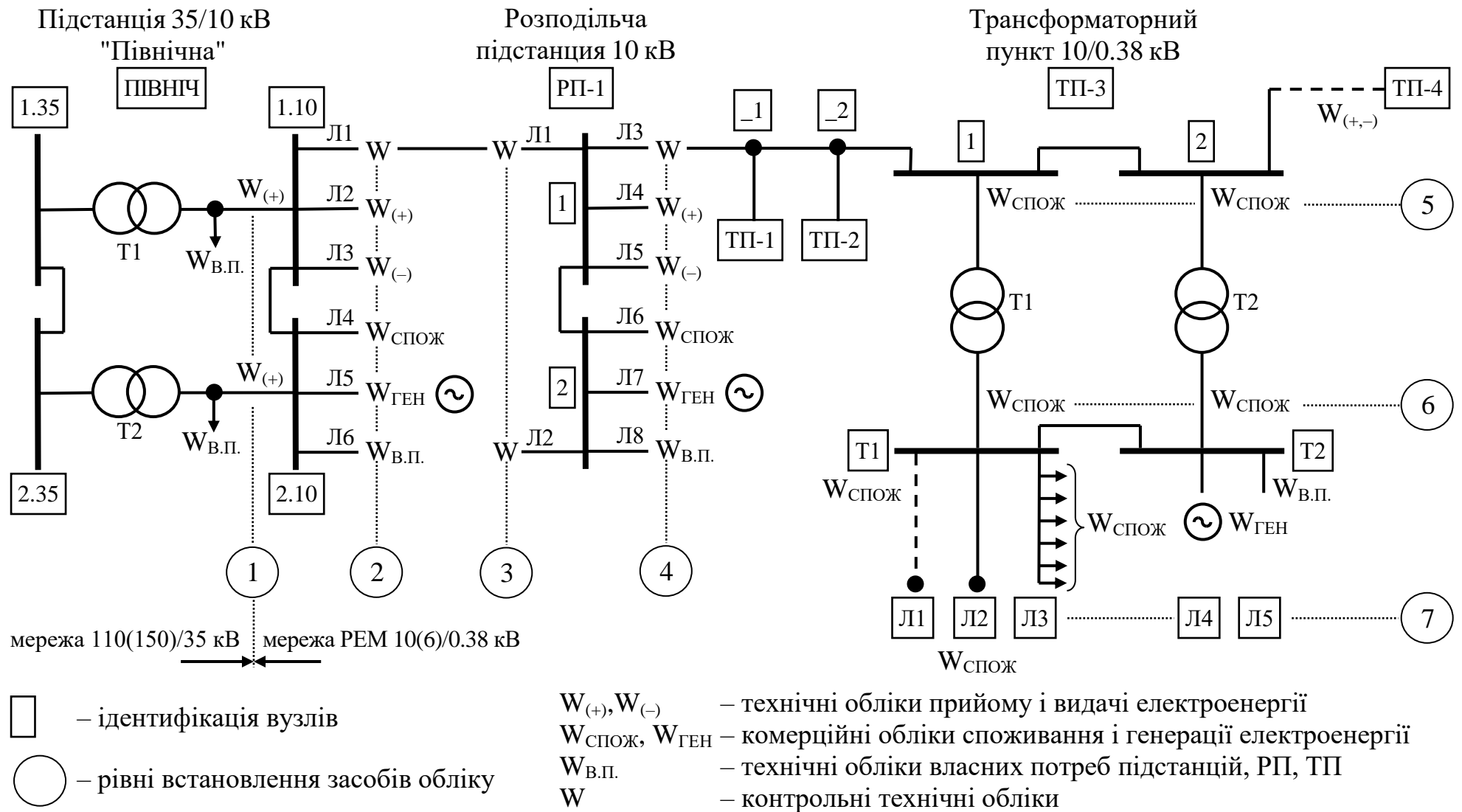


Рис.4.11. Структура комерційного і технічного обліку електроенергії в мережі 10(6) кВ РЕМ

Прийнято наступну ідентифікацію вузлів:

- ПВНІЧ.1.10, ПВНІЧ.2.10 – 1 та 2 секції шин 10 кВ п/ст Північна;
- РП-1.1, РП-1.2 – 1 та 2 секції шин 10 кВ РП-1;
- \_1, \_2, ... – послідовна нумерація відпайкових вузлів;
- ТП-1, ТП-2 – шини 10 кВ односекційних ТП;
- ТП-3.1, ТП-3.2 – 1 та 2 секції шин 10 кВ двосекційного ТП-3;
- ТП-3.Т1, ТП-3.Т2 – 1 та 2 секції шин 0.38 кВ ТП-3;
- ТП-3.Л1, ТП-3.Л2, ... – лінії 0.38 кВ ТП-3;
- фідери живлячої підстанції, РП і ТП повинні мати унікальну ідентифікацію.

Для складання балансів електроенергії в цілому по мережі РЕМ 10(6)/0.38 кВ є обліки на вводах 10 кВ живлячих підстанцій (рівень 1), які вимірюють прийом електроенергії в мережу  $W_{(+)}$ . Обліки власних потреб, встановлені до цих обліків, не включаються до балансу електроенергії по мережі РЕМ.

Основна група обліків на фідерах живлячих підстанцій (рівень 2) є технічними обліками і служать для деталізації небалансів електроенергії за цими фідерами. Для перевірки правильності показань засобів обліку складається баланс електроенергії за обліками на вводах і фідерах живлячої підстанції (рівні 1, 2). У загальному випадку, безпосередньо на фідерах живлячих підстанцій можуть фіксуватися прийом і видача електроенергії ( $W_{(+)}$ ,  $W_{(-)}$ ), безвратне споживання ( $W_{\text{СПОЖ}}$ ), генерація ( $W_{\text{ГЕН}}$ ) і власні потреби підстанції ( $W_{\text{В.П.}}$ ).

На приєднаннях РП (рівні 3, 4) також можуть розташовуватися контрольні технічні обліки, які зменшують зону пошуку нетехнічних втрат. На цих приєднаннях також можуть бути встановлені обліки  $W_{(+)}$ ,  $W_{(-)}$ ,  $W_{\text{СПОЖ}}$ ,  $W_{\text{ГЕН}}$  і  $W_{\text{В.П.}}$ .

Варіанти встановлення комерційного обліку показано на прикладі ТП-3. За наявності обліку на вводах 10 кВ (рівень 5) навантаження встановлюється на шини 10 кВ ТП-3.1, ТП-3.2, а трансформатори 10/0.38 кВ та лінії 0.38 кВ в схему не включаються.

При встановленні обліку споживача на вводах 0.38 кВ (рівень 6) його навантаження встановлюється на шини 0.38 кВ ТП-3.Т1, ТП-3.Т2. До розрахункової схеми включаються трансформатори 10/0.38 кВ.

Найбільш поширеним є облік на фідерах 0.38 кВ (рівень 7). При цьому облік може бути встановлений на початку лінії (Л1 – опір лінії не враховується, а навантаження підсумовується на шину 0.38 кВ відповідного трансформатора), наприкінці лінії (Л2 – опір лінії враховується) та розподілено вздовж лінії (Л3 – еквівалентний опір). Також можливі варіанти встановлення на приєднаннях 0.38 кВ генерації (Л4) та власних потреб (Л5).

На прикладі ТП-4 показаний варіант установки обліку прийому/видачі електроенергії в мережі іншого РЕМ.

Баланс електроенергії в цілому по РЕМ складається за рівнем 1. Деталізація по фідерах 10(6) кВ виконується за рівнем 2. За наявності технічних обліків на РП виконується деталізація за рівнем 4. Деталізація балансів за ТП можлива за наявності технічних обліків на рівнях 6 і 7.

В структурі рис.4.11 можливі такі конфліктні ситуації з погляду складання балансів електроенергії та розрахунку технічних втрат:

1. У мережі є абонентські лінії та трансформатори, втрати в яких повністю (частково – за дольовою участю) оплачені споживачем і увійшли до значення  $W_{\text{СПОЖ}}$ . У такому разі при складанні балансу електроенергії втрати в цих елементах мережі повторно увійдуть у значення технічних втрат  $\Delta W_{\text{Т.В.}}$ , а значення нетехнічних втрат  $\Delta W_{\text{Н.В.}}$  буде таким чином занижено.

Рішення: Усі абонентські елементи мережі (лінії та трансформатори) відзначаються ознакою "А" і при складанні балансів електроенергії не включаються до значення технічних втрат  $\Delta W_{\text{Т.В.}}$ . Інший варіант – виключити зі споживання  $W_{\text{СПОЖ}}$  розрахункові абонентські втрати в лініях і трансформаторах, а у значенні  $\Delta W_{\text{Т.В.}}$  враховувати втрати в цих елементах.

2. Облік споживача встановлено на вводі 10(6) кВ трансформатора (рівень 5), але від шин 0.38 кВ відходить лінія, що належить РЕМ (наприклад, живлення побутових споживачів) – при цьому трансформатор у схему не включається і лінія 0.38 кВ також.

Рішення: Значення споживання електроенергії за вводом 10(6) кВ потрібно перенести на ввод 0.38 кВ, віднявши від нього споживання фідера 0.38 кВ та розрахункові втрати у трансформаторі.

3. Облік основного абонента знаходиться на вводі 0.38 кВ (рівень 6), а облік субабонента – на лінії 0.38 кВ (рівень 7). Показання основного абонента включають споживання субабонента, а навантаження на шині 0.38 кВ є сумою цих значень. При цьому виходить завищене значення споживання  $W_{\text{спож}}$  на величину споживання субабонента.

Рішення: Споживання кожного абонента має містити лише власне навантаження, тобто, за вирахуванням всіх субабонентів. Інший варіант – такі субабоненти, що "віднімаються", не повинні повторно підсумовуватися до навантаження основного абонента, але при цьому такі субабоненти повинні бути відзначені характерною ознакою у базі промислових споживачів.

Для локалізації області завищених нетехнічних втрат необхідна установка контрольних технічних обліків (фідери 10(6) кВ живлячих підстанцій, фідери РП, вводи трансформаторів ТП, фідери 0.38 кВ ТП) і розрахунків балансів за цими точками обліку. Таким чином, сумарне значення нетехнічних втрат по мережі РЕМ деталізується по окремих фрагментах, визначених контрольними точками обліку. Виділяється фрагмент з найбільшим значенням  $\Delta W_{\text{н.в.}}$ , або співвідношенням  $\Delta W_{\text{н.в.}} / \Delta W_{\text{т.в.}}$ , який, за наявності технічного обліку, в свою чергу може бути поділений на дрібніші фрагменти і т.д.

При постійній конфігурації мережі для кожного вхідного обліку  $W_{(+)}$  у голові фрагменту автоматично визначаються складові  $W_{(-)}$ ,  $W_{\text{спож}}$ ,  $W_{\text{ген}}$ ,  $W_{\text{в.п.}}$ , що входять до складу цього фрагменту. Проте, це справедливо тільки за умови постійної конфігурації мережі, але на практиці необхідно враховувати зміни конфігурації мережі за розрахунковий період. Для цього виділяються періоди із постійною конфігурацією ( $T_1, T_2, T_3, \dots$ ). У процесі переключень окремі вузли схеми можуть бути без живлення, тому для кожного вузла схеми розраховується число робочих годин ( $T_{Pi}$ ). Розподіл складових споживання/генерації  $i$ -го вузла ( $W_i \rightarrow W_{(-)}, W_{\text{спож}}, W_{\text{ген}}, W_{\text{в.п.}}$ ) до вхідних точок обліку в голові фрагментів  $W_{(+)}$  виконується пропорційно відношенню часу періоду з постійною конфігурацією до сумарного часу робочих годин вузла ( $T_1/T_{Pi}, T_2/T_{Pi}, T_3/T_{Pi}, \dots$ ). При розрахунку технічних втрат за графікаим навантажень такий розподіл виконується звичайним підсумовуванням складових за поточний зріз часу до вхідних точок обліку. Технічні втрати  $\Delta W_{\text{т.в.}}$  розраховуються для кожного періоду постійної конфігурації та розподіляються між вхідними точками обліку у голові фрагментів відповідно до поточної конфігурації (рис. 4.12).

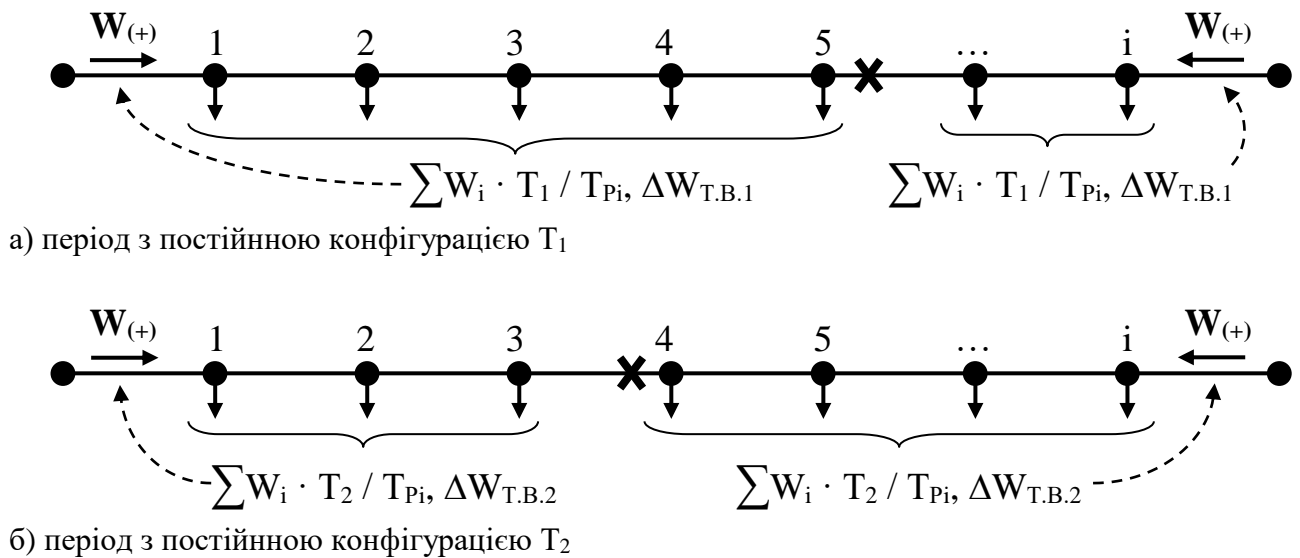


Рис.4.12. Врахування зміни конфігурації за розрахунковий період

Нижче наведено головний формат вікна і функціональні елементи для складання балансів електроенергії. Для їх відображення потрібно натиснути кнопку (1) "Баланси електроенергії" на головній панелі інструментів – нижче з'являється панель інструментів балансів електроенергії, з лівого боку з'являється список вимірювань (2), а в центрі вікна – таблиця балансів електроенергії (3).

Z-режим - Схема 10(6) кВ (01.02.2024 00:00)

Схема Дані Контроль схеми Режим Втрати енергії Оптимізація Задачі Каталоги

узл vet -> U Іл Ст ΔП TBE Wл Wт ΔП Узлы схемы

Дерево вимірів

4 5 6 7 8 9 10 11

№	П.С.	Р.П.	Т.П.	+/-	А	WP (+)	WP (-)	WPген	WP в.п.	WPсальд	WPспож	Т.В.Е.	%	dWPт.в.	%	dWPн.в.	%
1	Міська					1 800 000	400 000	679 870	32 598	2 047 272	1 831 128	216 144	10.6	144 771	7.1	71 373	3.5
2	Насосна					620 000		69 264	12 384	676 880	591 969	84 911	12.5	50 130	7.4	34 780	5.1
3	Районна					1 100 000		100 866	17 017	1 183 848	1 020 903	162 946	13.8	101 821	8.6	61 124	5.2
4	<<< Всього >>>					3 520 000	400 000	850 000	62 000	3 908 000	3 444 000	464 000	11.9	296 723	7.6	167 277	4.3

2

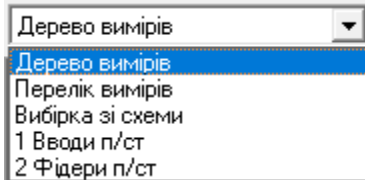
3

№	N вузла	Позначення	П
97	144	Міська	b
98	1	Міська.1.10	
99	3	Міська.2.10	
100	9	H1	
101	145	Насосна	b
102	8	Насосна.1.6	
103	11	P1	
104	12	P2	
105	146	Районна	b
106	10	Районна.1.10	

F2 зберегти F3 пошук F4 ред/перег F5 копі блок F6 вст блок F7 вст рядок F8 видал рядка

Вузлів: 146 Віток: 156 БП: 3 ФМ: 0 Без живлення: 0 **Контурив: 1** U- U+ Іл Ст Позначення вузла



За допомогою списку (4), можна представити список вимірів у вигляді:





**Дерево вимірів** – всі виміри складаються в дерево згідно поточної конфігурації схеми.


**Перелік вимірів** – суцільний список вимірів;

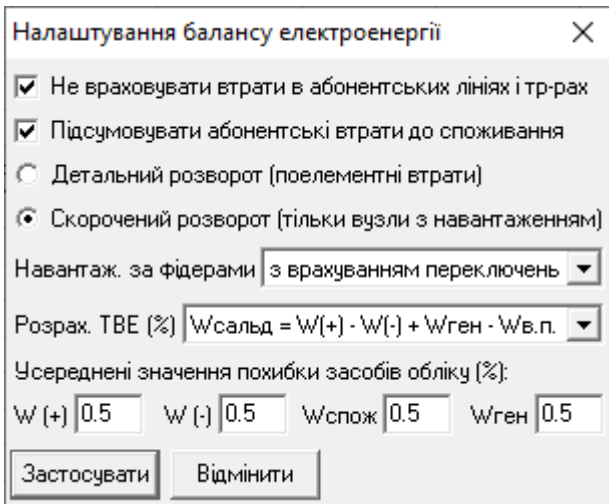
**Вибірка зі схеми** – у початковому стані список вимірів пустий. На графіці схеми лівою кнопкою миші обирається лінія, що містить

вимір, і натискається кнопка (5)  – при цьому вимір додається до списку. Видалення виміру зі списку виконується кнопкою (6) .

**Вибірки вимірювань за номером групи** – до списку потрапляють виміри з відповідним номером групи, що вказується у колонці "Nгр" таблиці перетоків (таблиці введів і фідерів підстанцій в задачі "База РЕМ").

Виділення (відміна виділення) виміру для складання балансу електроенергії виконується натисканням лівої кнопки миші на вимірі (або клавішею пробіл) у списку (4). Для позначення всіх вимірів в одному підрівні потрібно виділити в цьому підрівні один вимір та натиснути кнопку (5) . Скидання всіх позначок виконується кнопкою (6)  (крім варіанту "Вибірка зі схеми", коли ці кнопки виконують функцію додавання та видалення виміру до списку із графіки схеми).

Вибір налаштувань для складання балансу електроенергії виконується кнопкою 7 .



Опція "**Не враховувати втрати в абонентських лініях і тр-рах**" – до технічних втрат не будуть підсумовуватися розрахункові втрати в абонентських лініях і трансформаторах.

Опція "**Підсумовувати абонентські втрати до споживання**" – втрати в абонентських мережах (колонка "dWP" таблиці вузлів схеми) сумуються до споживання.

*Як правило, ці дві опції повинні бути обидві включені або обидві відключені.*

Опція "**Детальний розворот**" показує у розгорнутому вигляді всі вузли (вітки), що входять до фрагменту схеми, для якого складається баланс, а "**Скорочений розворот**" –


тільки елементи, що містять складові навантаження, генерації, власних потреб та видачі у сусідні мережі.

У випадаючому списку "**Навантаж. за фідерами**" вибирається порядок визначення навантаження та інших складових балансу електроенергії по відношенню до вхідних вимірів: **за поточною конфігурацією** або **з врахуванням переключень**.



Опція "**Розрах. ТВЕ (%)**" визначає за якою величиною буде розраховано відсоткові значення ТВЕ, а також складових втрат  $\Delta W_{Т.В.}$ ,  $\Delta W_{н.в.}$ ,  $\Delta W_{м.п.}$ : за сальдованим відпуском ( $W_{сальд} = W_{(+)} - W_{(-)} + W_{ген} - W_{в.п.}$ ) або надходженням в мережу ( $W_{надх} = W_{(+)} + W_{ген}$ ).

"**Усереднені значення похибки приладів обліку (%)**" служать для оцінки верхньої межі метрологічної похибки, тобто, похибка розраховується за формулою (4.4) для складових  $W_{(+)}$ ,  $W_{(-)}$ ,  $W_{спож} + W_{в.п.}$ ,  $W_{ген}$  без урахування кількості точок обліку.

При натисненій кнопці (8) "**ПС**" (баланс за технічними вимірами підстанцій) фрагмент схеми обмежується наявними вхідним і найближчими вихідними технічними обліками, типовим випадком чого є баланс за вводами і фідерами 10(6) кВ живлячих підстанцій. При ненаписаній кнопці "**ПС**" фрагмент схеми обмежується тільки поточною конфігурацією схеми.

При натисненій кнопці (9)  (формувати розгорнутий список) у таблицю балансів (3) виводяться всі наявні складові (споживання, генерація, видача в інші мережі, власні потреби), що входять у фрагмент схеми, який живиться від обраного виміру. При ненаписаній кнопці (9) у таблицю балансу (9) виводяться лише сумарні показники за обраними вимірами.

Формування звіту за обраними вимірами відбувається натисканням кнопки (10) "**Звіт**" – при цьому заповнюється таблиця балансів (3) з урахуванням всіх вищенаведених налаштувань.

Набір кнопок (11)  на панелі балансів дозволяє показувати чи приховувати колонки таблиці балансів. Сенс кожної кнопки розкривається підказкою. Друк таблиці (3) здійснюється кнопкою  на панелі балансів.

Таблиця балансів (3) має наступний склад колонок:

Колонка	Опис
<b>Нпоч, Нкін</b>	номер початку і кінця вітки, що входить у фрагмент схеми;
<b>ПС, РП, ТП</b>	позначення початку і кінця вітки, що входить у фрагмент схеми;
<b>Фідер</b>	заповнюється із колонки "Позначення" таблиці перетоків або "Прим." таблиці вузлів схеми;
<b>к/п</b>	ознака місця встановлення: 0 – вимір в кінці вітки, 1 – на початку вітки;
<b>+/-</b>	ознака балансу в мережі: "+" – прийом в мережу, "-" – видача із мережі, "С" – власні потреби, "П" – безвартний корисний відпуск;
<b>к</b>	ознака комутації: "К" – відключено з кінця, "Н" – відключено з початку "О" – відключено з двох сторін, "П" – пошкодження;
<b>А</b>	ознака приналежності: " " – основні мережі, "А" – абонентські, "Б" – безгоспні, "С" – сусідні мережі;
<b>Нф</b>	номер фрагменту мережі – має значення для замкнених мереж, коли декілька вхідних вимірів автоматично об'єднуються під одним номером фрагменту;
<b>Нл</b>	номер паралельної лінії;
<b>WP (+)</b>	прийом в мережу активної електроенергії [кВт·год];
<b>WP (-)</b>	видача із мережі активної електроенергії [кВт·год];
<b>WРген</b>	генерація активної електроенергії [кВт·год];
<b>WP в.п.</b>	витрати активної електроенергії на власні потреби [кВт·год];
<b>WРсальд</b>	сальдований прийом в мережу активної електроенергії: $W_{\text{сальд}} = W_{(+)} - W_{(-)} + W_{\text{ген}} - W_{\text{в.п.}}$ [кВт·год];
<b>WРспож</b>	споживання активної електроенергії [кВт·год];
<b>WРпром</b>	в т.ч. споживання активної електроенергії промисловими споживачами [кВт·год];
<b>WРпобут</b>	в т.ч. споживання активної електроенергії побутовими споживачами [кВт·год];
<b>dWP</b>	в т.ч. втрати активної електроенергії в мережі споживача [кВт·год];
<b>Т.В.Е.</b>	технологічні витрати активної електроенергії (ЗТВЕ) [кВт·год];
<b>%</b>	відсоток від сальдованого прийому (надходження в мережу);
<b>dWP т.в.</b>	розрахункові технічні втрати активної електроенергії (НЗТВЕ) [кВт·год];
<b>%</b>	відсоток від сальдованого прийому (надходження в мережу);
<b>dWP (Y)</b>	умовно-постійні активні втрати у провідностях елементів схеми [кВт·год];
<b>dWP (Z)</b>	змінні активні втрати в опорах елементів схеми [кВт·год];
<b>dWP н.в.</b>	нетехнічні (комерційні) втрати електроенергії (НЗВЕ) [кВт·год];
<b>%</b>	відсоток від сальдованого прийому (надходження в мережу);
<b>н/т</b>	співвідношення: $dWP \text{ н.в.} / dWP \text{ т.в.}$ ;
<b>dWP м.п.</b>	метрологічна похибка виміру активної електроенергії [кВт·год];
<b>%</b>	відсоток від сальдованого прийому (надходження в мережу);
<b>WРп →</b>	активний переток "вправо" на початку лінії [кВт·год];
<b>WQп →</b>	реактивний переток "вправо" на початку лінії [кВАр·год];
<b>WРп ←</b>	активний переток "вліво" на початку лінії [кВт·год];
<b>WQп ←</b>	реактивний переток "вліво" на початку лінії [кВАр·год];
<b>WРк →</b>	активний переток "вправо" в кінці лінії [кВт·год];
<b>WQк →</b>	реактивний переток "вправо" в кінці лінії [кВАр·год];
<b>WРк ←</b>	активний переток "вліво" в кінці лінії [кВт·год];
<b>WQк ←</b>	реактивний переток "вліво" в кінці лінії [кВАр·год];
<b>Дис.номер</b>	диспетчерське позначення лінії/тр-ра;
<b>Марка</b>	марка лінії/тр-ра;
<b>I/S доп</b>	допустимий струм лінії [А]/потужність трансформатора [кВА];
<b>I/S min</b>	мінімальний розрахунковий струм лінії [А]/переток потужності трансформатора [кВА];
<b>I/S max</b>	максимальний розрахунковий струм лінії [А]/переток потужності трансформатора [кВА];
<b>%</b>	відсоток від допустимого значення;
<b>Приналеж.</b>	балансна приналежність.

Аналіз найбільшого небалансу виконується як за абсолютним значенням нетехнічних втрат "dWP н.в.", так і за співвідношенням нетехнічних і технічних втрат (колонка "н/т"). Метрологічна похибка визначається за формулою (4.4) для сумарних значень складових  $W_{(+)}$ ,  $W_{(-)}$ ,  $W_{\text{спож}} + W_{\text{в.п.}}$ ,  $W_{\text{ген}}$  з урахуванням заданих у налаштуваннях усереднених похибок приладів обліку для цих складових. У колонки " $W_{\text{н}} \rightarrow$ ", " $W_{\text{к}} \rightarrow$ ", " $W_{\text{н}} \leftarrow$ ", " $W_{\text{к}} \leftarrow$ " виводяться розрахункові перетоки електроенергії на початку і в кінці лінії в обох напрямках. У колонках "Дис.номер", "Марка лінії", "I/Sдоп", "I/Smin", "I/Smax", "%" виконується аналіз завантаження елементів мережі. Типові приклади балансів електроенергії для мережі РЕМ показані нижче.

Z-режим - Схема 10(6) кВ (01.02.2024 00:00)

Схема Дані Контроль схеми Режим Втрати енергії Оптимізація Задачі Каталоги

узл vet -> U Іл Ст ΔП TBE Wл Wт ΔП Узлы схемы

Дерево вимірів

№	ПС, РП, ТП	+/-	Δ	WP (+)	WP (-)	WPген	WP в.п.	WPсальд	WPспож	T.B.E.	%	dWP т.в.	%	dWP н.в.	%	н/т	dWP м.п.	%
1	Міська			1 800 000	400 000	679 870	32 598	2 047 272	1 904 878	142 394	7.0	65 066	3.2	77 328	3.8	1.2	13 799	0.7
2	Насосна			620 000		69 264	12 384	676 880	591 969	84 911	12.5	50 130	7.4	34 780	5.1	0.7	4 343	0.6
3	Районна			1 100 000		100 866	17 017	1 183 848	1 023 403	160 446	13.6	94 833	8.0	65 613	5.5	0.7	7 587	0.6
4	<<< Всього >>>			3 520 000	400 000	850 000	62 000	3 908 000	3 520 250	387 750	9.9	210 029	5.4	177 721	4.5	0.8	25 547	0.7

Баланс виконано за вводами 10(6) кВ живлячих підстанцій. Внизу таблиці чорним кольором виділено рядок сумарного балансу по мережі РЕМ (TBE = 387 750 (9.9% від сальдованого прийому),  $\Delta WP_{т.в.} = 210 029$  (5.4%),  $\Delta WP_{н.в.} = 177 721$  (4,5%)). За схемою загалом і за окремими підстанціями показано співвідношення нетехнічних і технічних втрат (діапазон 0.7 – 1.2).

Навантаж. за фідерами за поточною конфігурацією – встановлено налаштування розподілу складових балансу за **поточною конфігурацією** мережі:

Z-режим - Схема 10(6) кВ (01.02.2024 00:00)

Схема Дані Контроль схеми Режим Втрати енергії Оптимізація Задачі Каталоги

узл vet -> U Іл Ст ΔП TBE Wл Wт ΔП Узлы схемы

Дерево вимірів

№	ПС, РП, ТП	+/-	Δ	WP (+)	WP (-)	WPген	WP в.п.	WPсальд	WPспож	T.B.E.	%	dWP т.в.	%	dWP н.в.	%	н/т	dWP м.п.	%
1	Міська			1 800 000	400 000	550 000	30 000	1 920 000	1 547 750	372 250	19.4	22 750	1.2	349 500	18.2	15.4	12 442	0.6
2	Насосна			620 000			11 000	609 000	500 000	109 000	17.9	46 470	7.6	62 530	10.3	1.3	4 017	0.7
3	Районна			1 100 000		300 000	21 000	1 379 000	1 472 500	-93 500	-6.8	140 810	10.2	-234 310	-17.0	-1.7	9 395	0.7
4	<<< Всього >>>			3 520 000	400 000	850 000	62 000	3 908 000	3 520 250	387 750	9.9	210 029	5.4	177 721	4.5	0.8	25 547	0.7

Сумарний баланс РЕМ не змінився, але баланси за окремими підстанціями аналізувати неможливо.

Z-режим - Схема 10(6) кВ (01.02.2024 00:00)

Схема Дані Контроль схеми Режим Втрати енергії Оптимізація Задачі Каталоги

uzl vet -> U Іл Ст ΔП TBE Wл Wт ΔП Узлы схемы

Дерево вимірів PC Звіт W(+), W(-), Wг, Wеп, Wсл, Wс п/б TBE T.B. (Y) H.B. M.П. <> S/I

N№	ПС, РП, ТП	+/-	Δ	WP (+)	WP (-)	WPген	WP в.п.	WPсальд	WPспож	T.B.E.	%	dWP т.в.	%	dWP н.в.	%	н/т	dWP м.п.	%
1	Міська			2 300 000	2 260 000		25 000	15 000		15 000	0.7			15 000	0.7		16 123	0.7
2	Насосна			620 000	600 000		10 000	10 000		10 000	1.6			10 000	1.6		4 314	0.7
3	Районна			1 100 000	1 090 000		15 000	-5 000		-5 000	-0.5			-5 000	-0.5		7 743	0.7
4	<<< Всього >>>			4 020 000	3 950 000		50 000	20 000		20 000	0.5			20 000	0.5		28 180	0.7

Натиснута кнопка (8) – формується баланс по вводах і фідерах 10(6) кВ живлячих підстанцій. В налаштуваннях змінено розрахунок відсоткових значень по відношенню до надходження: Розрах. TBE (%)  $W_{надх} = W(+) + W_{ген}$

Сумарний небаланс становить 20 000 (0.5% від надходження). Небаланси по окремих підстанціях мають знаки "+" та "-".

Z-режим - Схема 10(6) кВ (01.02.2024 00:00)

Схема Дані Контроль схеми Режим Втрати енергії Оптимізація Задачі Каталоги

uzl vet -> U Іл Ст ΔП TBE Wл Wт ΔП Узлы схемы

Дерево вимірів PC Звіт W(+), W(-), Wг, Wеп, Wсл, Wс п/б TBE T.B. (Y) H.B. M.П. <> S/I

N№	ПС, РП, ТП	+/-	Δ	WP (+)	WP (-)	WPген	WP в.п.	WPсальд	WPспож	T.B.E.	%	dWP т.в.	%	dWP н.в.	%	н/т	dWP м.п.	%
1	Міська			2 300 000	2 260 000		25 000	15 000		15 000	0.7			15 000	0.7		16 123	0.7
2	Міська	+		1 800 000														
3	M1	-			330 000													
4	M3	-			30 000													
5	M6	-		500 000	90 000													
6	M2	-			1 300 000													
7	M4	-			510 000													
8	ТВП	С					25 000											
9	ТВП	С																

Натиснуто кнопку (9) для розгорнутого балансу за вводами і фідерами підстанцій



Z-режим - Схема 10(6) кВ (01.02.2024 00:00)

Схема Дані Контроль схеми Режим Втрати енергії Оптимізація Задачі Каталоги

uzl vet -> U Іл Ст ΔП TBE Wл Wт ΔП Узлы схемы

2 Фідери п/ст

N№	ПС, РП, ТП	+/-	A	WP (+)	WP (-)	WPген	WP в.п.	WPсальд	WPспож	T.B.E.	%	dWP т.в.	%	dWP н.в.	%	н/т	dWP м.п.	%
1	M1			330 000				330 000	322 747	7 253	2.2	3 828	1.2	3 425	1.0	0.9	2 308	0.7
2	M3			30 000			300	29 700	27 382	2 317	7.8	781	2.6	1 536	5.2	2.0	204	0.7
3	M2			1 300 000		129 870	7 298	1 422 572	1 370 749	51 824	3.6	54 620	3.8	-2 796	-0.2	-0.1	9 495	0.7
4	M4			510 000	400 000			110 000	100 000	10 000	9.1	5 838	5.3	4 162	3.8	0.7	3 279	3.0
5	H1			600 000		69 264	2 384	666 880	591 969	74 911	11.2	50 130	7.5	24 780	3.7	0.5	4 237	0.6
6	P1			700 000		100 866	2 017	798 848	663 403	135 446	17.0	76 455	9.6	58 991	7.4	0.8	4 855	0.6
7	P2			390 000				390 000	360 000	30 000	7.7	18 378	4.7	11 622	3.0	0.6	2 654	0.7
8	<<< Всього >>>			3 860 000	400 000	300 000	12 000	3 748 000	3 436 250	311 750	8.3	210 029	5.6	101 721	2.7	0.5	26 000	0.7

У списку (4) обрана група 2 (Фідери п/ст). Сформовано баланс електроенергії по всіх фідерах у списку. За всіма фідерами значення "н/т" менше 1 крім M3, але абсолютні значення TBE, ΔWP<sub>т.в.</sub> і ΔWP<sub>н.в.</sub> найменші, тому вважаємо, що за всіма фідерами норма.

Z-режим - Схема 10(6) кВ (01.02.2024 00:00)

Схема Дані Контроль схеми Режим Втрати енергії Оптимізація Задачі Каталоги

uzl vet -> U Іл Ст ΔП TBE Wл Wт ΔП Узлы схемы

2 Фідери п/ст

N№	ПС, РП, ТП	+/-	A	WP (+)	WPспож	WPпром	WPпобут	dWP	T.B.E.	%	dWP т.в.	%	Марка	I/S доп	I/S min	I/S max	%
1	M1			330 000	322 747	234 732	61 183	26 832	7 253	2.2	3 828	1.2					
2	M1	+		330 000										13.5	66.9		
3	ТП2.Т1		A	2 000				2 000			2 245		ТМ-1000/10/0.4	1000	151.8	317.3	31.7
4	ТП2.Т2		A	2 000				2 000			2 034		ТМ-1000/10/0.4	1000	117.6	237.8	23.8
5	ТП2.Ф1		A	123 700	110 000			13 700			13 379		300*ААШВ-120	270	169.4	369.5	136.9
6	ТП2.Ф3			12 500		12 500					688		800*СИП4-25	130	17.1	35.9	27.6
7	ТП2.Ф5			12 500		12 500					688		800*СИП4-25	130	17.1	35.9	27.6
8	ТП2.Ф2		A	87 200	80 000			7 200			6 573		300*ААШВ-120	270	121.0	256.5	95.0
9	ТП2.Ф4			12 500		12 500					685		800*СИП4-25	130	17.1	35.8	27.5
10	ТП2.Ф6			12 500		12 500					685		800*СИП4-25	130	17.1	35.8	27.5

Показано фрагмент розгорнутого фідера M1 (тільки вузли з навантаженням). У колонці "A" відзначені абонентські лінії та трансформатори, у колонках "dWP" і "dWP<sub>т.в.</sub>" можна порівняти значення втрат. В останній колонці "%" зазначено максимальне завантаження елементів схеми.


Перегляд прив'язки абонентів виконується натисканням правої кнопки миші в таблиці (3) на будь-якому вузлі (вітці) та вибором пункту меню "Приєднані абоненти до лінії" – показується список абонентів, що живляться від цієї лінії, або "Приєднані абоненти до вузла" – показується список абонентів з прив'язкою лише до цього вузла.

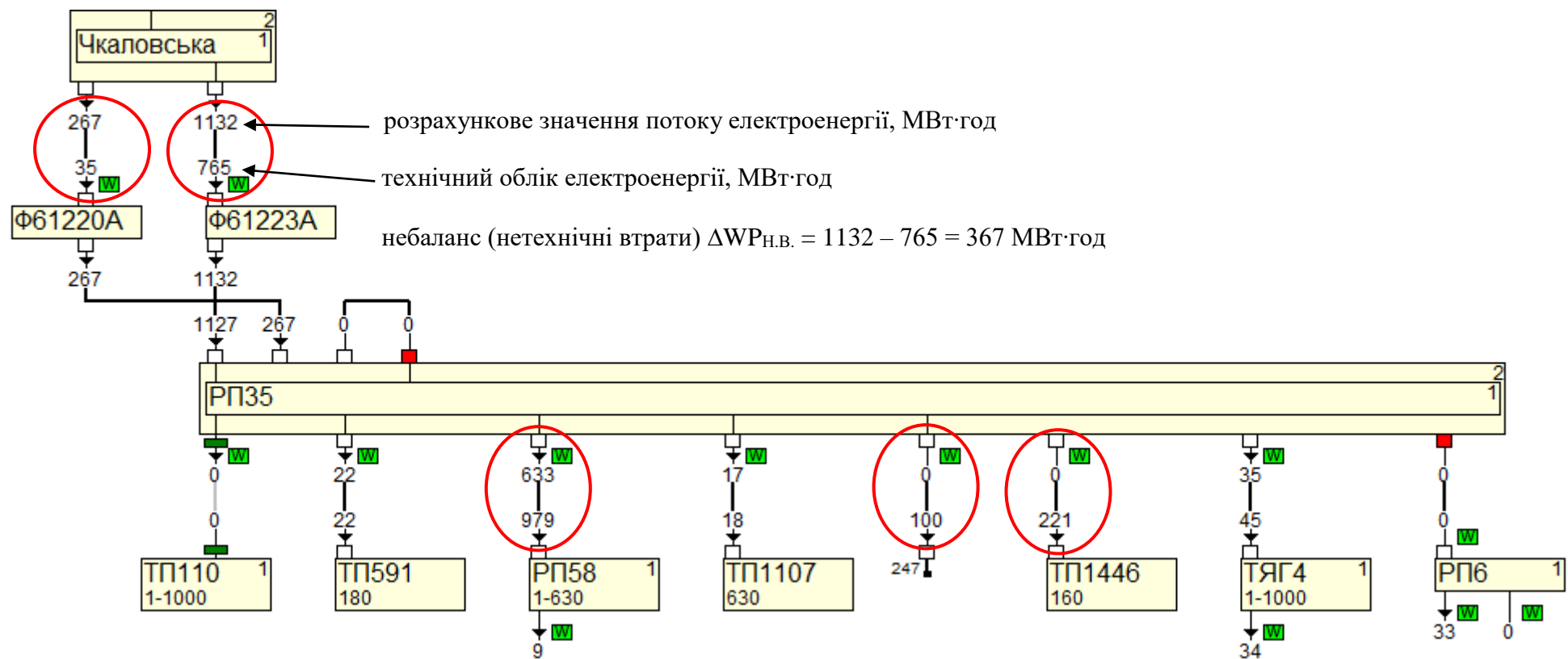
№	Вузол схеми	ТП, РП	Нтр	Фід	Ндог	Споживач	Нт.о.	Р дозв	Тип	У/Н	Нліч.	Ктс	Ктн	Кліч	с	л	W	Wт	Wл	Wсум	WP	dWP
1	ТП2.Ф1	ТП2	T1	Ф1	106	Фабрика	1		1	У	426162					1	110 000	2 000	13 700	125 700	110 000	15 700
2	ТП2.Ф3					Побутові абоненти	25														12 500	
3	ТП2.Ф5					Побутові абоненти	25														12 500	
4	ТП2.Ф2	ТП2	T2	Ф2	106	Фабрика	2		1	У	56656					1	80 000	2 000	7 200	89 200	80 000	9 200
5	ТП2.Ф4					Побутові абоненти	25														12 500	
6	ТП2.Ф6					Побутові абоненти	25														12 500	
7	Всього																				240 000	24 900

Вибрати   Відмінити   Друк   Прив'язка до вузлів схеми

Список приєднаних абонентів по лінії М1. Таблиця аналогічна таблиці промислових споживачів. Побутові абоненти вказані сумарним споживанням.

Розгорнутий баланс електроенергії для будь-якого виміру **прив'язується до поточної конфігурації**, хоча у загальному випадку перелік споживачів, що живляться від обраного виміру, є змінним в залежності від моменту часу. Виконуючи реконфігурацію схеми і повторюючи побудову балансу розгорнутого списку ТП, РП, можна аналізувати їх склад у різні стаціонарні періоди між перемиканнями.





Пошук і локалізацію небалансів електроенергії також можна виконувати за допомогою графіки схеми, обравши опцію виводу перетікань електроенергії на графіку схеми, як показано нижче. При цьому на лініях візуально оцінюється різниця між вимірами (позначені ) і розрахунковими перетіканнями електроенергії. На нижченаведеному прикладі спостерігаються великі розбіжності на фідерах Ф6122А і Ф61223А ПС "Чкаловська", для деталізації цих розбіжностей виконується аналіз вимірів на РП35, що також виявляє три лінії з великою розбіжністю розрахункових і вимірних даних електроенергії. Такі великі значення розбіжностей, як правило, отримуються при невідповідності конфігурації схеми із її реальним станом або при неврахуванні переключень за розрахунковий період. За наявності великої кількості контрольних обліків електроенергії і коректної конфігурації схеми можна візуально виконувати пошук і локалізацію областей мережі з найбільшими нетехнічним втратами електроенергії.



## 5. Задача "КВАРЕМ"

Задача "КВАРЕМ" (комплекс відліковий аналізу реактивів електричних мереж) у складі комплексу РАОТВ призначена для розрахунку економічних еквівалентів реактивної потужності (ЕЕРП), які використовуються для обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між споживачами та енергокомпаніями згідно діючих в Україні нормативних документів.

Головне меню задачі "КВАРЕМ" складається з наступних пунктів:

Пункти меню	Панель керування	Коментар
<b>База споживачів:</b> Створити Завантажити Зберегти Зберегти як Друк Порівняти Копіювати Відновити  Імпорт (Excel) Тангенс (0.8 → 0.5)  Додати тр-р "+Т"  Установка навантаження  Заміна ПС, РП, ТП Каталоги розрахункових схем Загальний звіт щодо Дср  Вихід		<ul style="list-style-type: none"> <li>- створення нової бази споживачів (файл *.PR);</li> <li>- завантаження бази споживачів;</li> <li>- збереження поточної бази споживачів;</li> <li>- збереження бази споживачів під іншим ім'ям;</li> <li>- друк поточної таблиці;</li> <li>- порівняння двох баз споживачів за значеннями ЕЕРП;</li> <li>- копіювання споживачів з поточної бази в іншу;</li> <li>- відновлення пошкодженої бази споживачів за даними з індивідуальних файлів кожного споживача;</li> <li>- імпорт бази споживачів із файлу формату Excel;</li> <li>- автоматична заміна розрахункових реактивних навантажень споживачів у поточній базі з іншим tgφ;</li> <li>- автоматичне додавання/заміна трансформаторів 10(6)/0.38 за ознакою наявності символу "+" в точках обліку;</li> <li>- автоматичне встановлення навантажень точок обліку у відсотках від номіналів трансформаторів;</li> <li>- автоматична заміна найменувань вузлів у поточній базі споживачів;</li> <li>- вибір схем, що використовуються для розрахунку ЕЕРП споживачів у поточній базі;</li> <li>- виведення в Excel статистичної інформації щодо значень ЕЕРП вибраної розрахункової бази;</li> <li>- вихід із задачі "КВАРЕМ";</li> </ul>
<b>Дані:</b> Споживачі Точки обліку Вузли схеми Вітки схеми		<ul style="list-style-type: none"> <li>- таблиця споживачів поточної бази (файл *.PR);</li> <li>- таблиця точок обліку поточного споживача (файл *.РТ);</li> <li>- таблиця вузлів радіусу живлення поточного споживача;</li> <li>- таблиця віток радіусу живлення поточного споживача;</li> </ul>
		- побудова схеми радіусу живлення точок обліку споживача (без розрахунку ЕЕРП);
	 П/ст, РП, ТП	- вибір точок розрахунку ЕЕРП (працює в таблицях точок обліку споживачів);
<b>Контроль:</b> Напруги вузлів  Завантаження ліній Завантаження тр-рів		<ul style="list-style-type: none"> <li>- таблиця розрахункових напруг вузлів схеми радіусу живлення поточного споживача;</li> <li>- таблиця завантаження ліній у радіусі живлення поточного споживача;</li> <li>- таблиця завантаження тр-рів у радіусі живлення поточного споживача;</li> </ul>
<b>ЕЕРП (D2):</b> Розрахунок Друк		<ul style="list-style-type: none"> <li>- розрахунок ЕЕРП для одного або групи споживачів;</li> <li>- друк або експорт у формати MS Office документів, що супроводжують розрахунки ЕЕРП;</li> </ul>
<b>Задачі:</b> Видалення перенесень  Заміна дублювань ID Інформація про "="		<ul style="list-style-type: none"> <li>- пошук і видалення в назвах споживачів службових символів перенесення рядку;</li> <li>- пошук і заміна однакових ID-номерів у споживачів поточної бази;</li> <li>- пошук споживачів із службовим символом "=" (додавання лінії) в точках обліку;</li> </ul>


<b>Каталоги:</b> Кабельні, повітряні лінії Двообмоткові тр-ри Триобмоткові тр-ри Розщеплені тр-ри Струмообмеж. реактори Номинальні напруги	- погонні параметри кабельних та повітряних ліній; - довідникові дані двообмоткових трансформаторів; - довідникові дані триобмоткових трансформаторів; - довідникові дані розщеплених трансформаторів; - довідникові дані струмообмежувальних реакторів; - номінали рівнів напруги та їх контрольні межі.
--	--


У нижній частині головного вікна програми виводиться підказка по роботі з функціональними клавішами під час редагування таблиць (клавіші F2 – F8), а також підказка щодо складу даних поточної колонки таблиці:

F2 зберегти F3 пошук F4 ред./перег F5 копії блок F6 вст блок F7 вст рядок F8 видал рядка
ID - порядковий номер споживача


### 5.1. Створення, редагування та копіювання бази споживачів

Для створення нової бази споживачів комплексу КВАРЕМ потрібно вибрати пункт меню **"База споживачів"** → **"Створити"**. У стандартному діалоговому вікні необхідно ввести ім'я файлу та натиснути кнопку **"Відкрити"**, при цьому на диску створюється файл із зазначеним ім'ям та розширенням \*.PR.

Для відкриття існуючого файлу бази споживачів необхідно вибрати пункт меню **"База споживачів"** → **"Завантажити"** (кнопка  на панелі керування). У стандартному діалоговому вікні потрібно вибрати потрібний файл і натиснути кнопку **"Відкрити"**. Після завантаження на екрані з'явиться таблиця споживачів вибраної бази. При виході з програми остання відкрита база споживачів запам'ятовується, і при наступному запуску задачі КВАРЕМ вона буде завантажена автоматично.

Збереження поточної бази споживачів можна виконати одним із способів: за допомогою пункту меню **"База споживачів"** → **"Зберегти"**, кнопки  на панелі керування, функціональної клавіші **F2** або комбінації клавіш **"Ctrl+S"**.

Для копіювання бази споживачів потрібно вибрати пункт меню **"База споживачів"** → **"Зберегти як"**. У стандартному діалоговому вікні необхідно набрати нове ім'я файлу та натиснути кнопку **"Зберегти"**.

Друкування поточної таблиці здійснюється вибором пункту меню **"База споживачів"** → **"Друк"** або натисканням кнопки  на панелі керування (п.1.8).

### 5.2. Вибір каталогів розрахункових схем

Як правило, для розрахунків ЕЕРП використовуються 3 рівні розрахункових схем:


- схеми 750/330/220/150/110 кВ енергосистем (ЕС) з попередньо розрахованими складовими ЕЕРП (D1) для кожного вузла схеми;
- схеми 110(150)/35/10(6) кВ енергетичних компаній (ЕК);
- схеми 10(6)/0.38 кВ районів (філій) електричних мереж (РЕМ) ЕК.

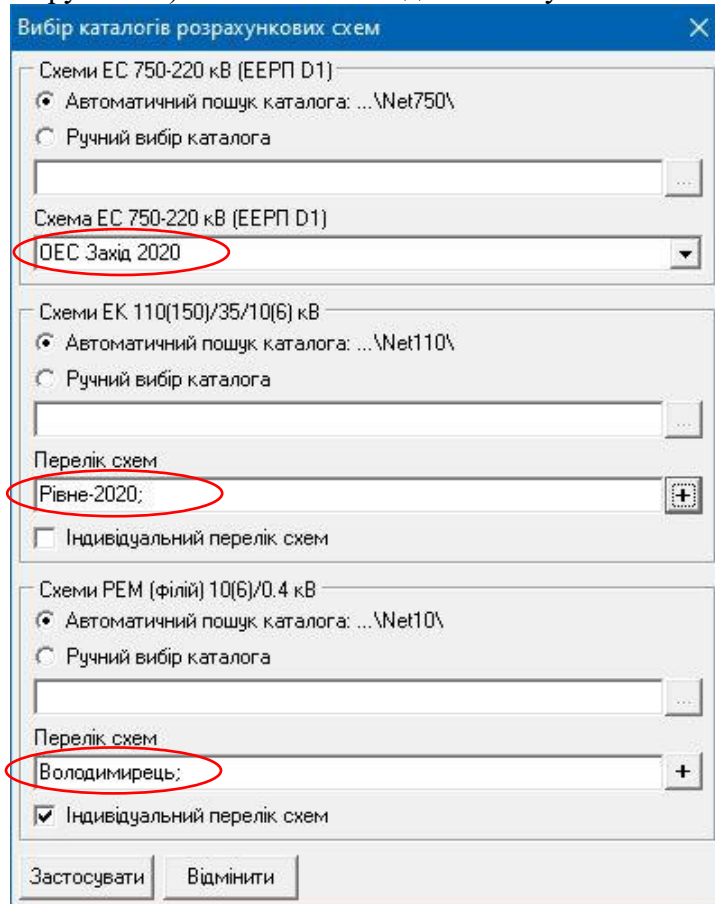
У комплексі КВАРЕМ відсутні чіткі вимоги щодо структури каталогів інформаційної бази підприємств, проте, у загальному випадку, рекомендується дотримуватися наступної структури каталогів бази на диску:

- у каталозі комплексу РАОТВ створюються підкаталоги за роками дворічних розрахункових циклів згідно чинної "Методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії" (наприклад, підкаталоги "2021-2022", "2023-2024" і т.д.);
- всередині підкаталогу розрахункового циклу створюються три підкаталоги – **"Net750"**, **"Net110"** і **"Net10"**, в які записуються розрахункові схеми відповідних рівнів: схеми ЕС 750-220 кВ – в Net750, схеми ЕК 110(150)/35/10(6) кВ – в Net110 і схеми РЕМ (філій) – в Net10;
- крім трьох вищезазначених каталогів для розрахункових схем у підкаталозі розрахункового циклу створюються підкаталоги для кожного структурного підрозділу ЕК, зазвичай такими підрозділами є райони електричних мереж (РЕМ) або філії;

- кожен із підкаталогів РЕМ (філій) містить один файл бази споживачів (файл \*.PR) та набір із трьох файлів (\*.PT, \*.UZL, \*.VET) для кожного споживача в базі.

При переході від поточного розрахункового циклу до наступного, каталог наступного розрахункового циклу, як правило, створюють шляхом копіювання та перейменування на диску каталогу поточного розрахункового циклу з подальшим оновленням розрахункових схем усіх рівнів у підкаталогах Net750, Net110, Net10 і редагуванням баз споживачів.

Перед початком роботи з базою споживачів необхідно вказати, які розрахункові схеми використовуватимуться для розрахунку ЕЕРП споживачів поточної бази. Для цього слід вибрати пункт меню "**База споживачів**" → "**Каталоги розрахункових схем**" (або натиснути кнопку  на панелі інструментів) і вказати необхідні схеми у вікні:



Опції "**Автоматичний пошук каталога ...**" для кожного рівня схем використовуються, якщо дотримані викладені вище рекомендації щодо структури каталогів бази споживачів на диску. В інших випадках (наприклад, якщо у підкаталозі Net10 файли схем РЕМ згруповані по додаткових підкаталогах) слід використовувати "**Ручний вибір каталога**". Потрібний каталог обирається після натискання кнопки "...".

Далі слід вибрати безпосередньо схеми, що використовуються під час розрахунків поточної бази. Для схем ЕС (Net750) вибирається основна схема, тобто схема тієї енергосистеми, до якої належить більшість вузлів 110(150) кВ у схемі ЕК. При цьому файли інших енергосистем, необхідних для розрахунків ЕЕРП поточної бази споживачів, також повинні бути записані на диску в підкаталог ...\\Net750\ і при виконанні розрахунків будуть вибиратися автоматично на підставі записів колонки "**Енергосистема**" таблиці вузлів розрахункової схеми ЕК (п. 4.1.1).

Схеми ЕК і схеми РЕМ вибираються шляхом натискання кнопки "+" та додаванням необхідних схем зі списку схем у вибраному підкаталозі. При вимкненій опції "Індивідуальний список схем" вибраний набір схем запам'ятовується для всіх каталогів розрахункової бази споживачів, при ввімкненій – тільки для поточного каталогу. Наприклад, для найбільш типового варіанту – схема 110(150)/35/10(6) кВ, як правило, вибирається один раз для всіх каталогів бази споживачів (опцію "Індивідуальний список схем" вимкнено), а схеми 10(6)/0.38 кВ РЕМ вибираються індивідуально для кожного каталогу (опцію "Індивідуальний список схем" увімкнено).

### 5.3. Формати таблиць інформаційної бази споживачів

Перехід між таблицями бази споживачів здійснюється за допомогою пунктів меню "Дані" (споживачі, точки обліку, вузли схеми, вітки схеми) та "Контроль" (напруги вузлів, завантаження ліній, завантаження трансформаторів) або відповідними кнопками на панелі інструментів:

Споживачі Точки обліку Вузли Вітки Схема U Iл St

Перехід між таблицями "Споживачі" і "Точки обліку" також здійснюється клавішами "Ctrl" + ←→. У таблицях споживачів і точок обліку колонки з чорним шрифтом заголовка – редаговані, з червоним або синім шрифтом – нередатовані, вони заповнюються автоматично при виконанні розрахунків. Формати таблиць даних представлені нижче.

#### 5.3.1. Споживачі

Таблиця вибирається пунктом меню "Дані" → "Споживачі" або кнопкою "Споживачі" на панелі керування. Дані таблиці зберігаються на диску у файлі з розширенням \*.PR.

Склад колонок:

Колонка	Опис
<b>ID</b>	чисельний ідентифікатор споживача в базі (присвоюється комплексом автоматично);
<b>Назва споживача</b>	назва споживача – довільний текст;
<b>№ дог.</b>	номер договору (текстова колонка);
<b>№ о.р., № о.р. (с)</b>	номер особового рахунку підприємства, для зручності сортування існує у двох варіантах – чисельному та символному (текстовому);
<b>Дата дог.</b>	дата заключення зі споживачем договору про постачання (розподіл) електроенергії;
<b>Юридична адреса</b>	юридична адреса споживача;
<b>Дата розр.</b>	дата останнього розрахунку ЕЕРП споживача (заповнюється автоматично);
<b>п</b>	тип розрахунку ЕЕРП: "а" – автоматичний, "б" – ручний, "s" – за статистичними даними (заповнюється автоматично, на цей час для розрахунків ЕЕРП використовується тільки "а");
<b>Файл</b>	назви файлів споживачів на диску (заповнюється автоматично);
<b>U</b>	ознака порушення меж по напрузі в схемі споживача (символ "+", заповнюється автоматично);
<b>Iл</b>	ознака перевантаження ліній в схемі споживача (символ "+", заповнюється автоматично);
<b>St</b>	ознака перевантаження тр-рів в схемі споживача (символ "+", заповнюється автоматично);
<b>Ср</b>	середнє значення ЕЕРП за всіма точками обліку споживача (заповнюється автоматично);
<b>Ср*, D–D*, D/D*, D2/D2*</b>	додаткові колонки, які використовуються при порівнянні значень ЕЕРП між різними каталогами бази споживачів (п 5.6.2);
<b>Рсум</b>	сумарна активна потужність навантаження за всіма точками обліку споживача (заповнюється автоматично) [МВт];
<b>L35</b>	максимальна довжина схеми радіусу живлення по лініям 35 кВ [м];
<b>L10</b>	максимальна довжина схеми радіусу живлення по лініям 10 кВ [м];
<b>Прим.</b>	примітка – довільний текст.

#### 5.3.2. Точки обліку

Таблиця точок обліку споживача вибирається пунктом меню "Дані" → "Точки обліку", кнопкою "Точки обліку" на панелі керування або комбінацією клавіш "Ctrl + →" в таблиці споживачів. Повернення з таблиці точок обліку до таблиці споживачів, крім способів, описаних у п. 5.3.1, можливе також комбінацією клавіш "Ctrl + ←". Дані таблиць точок обліку споживачів зберігаються на диску у файлах з розширенням \*.PT. Склад колонок:

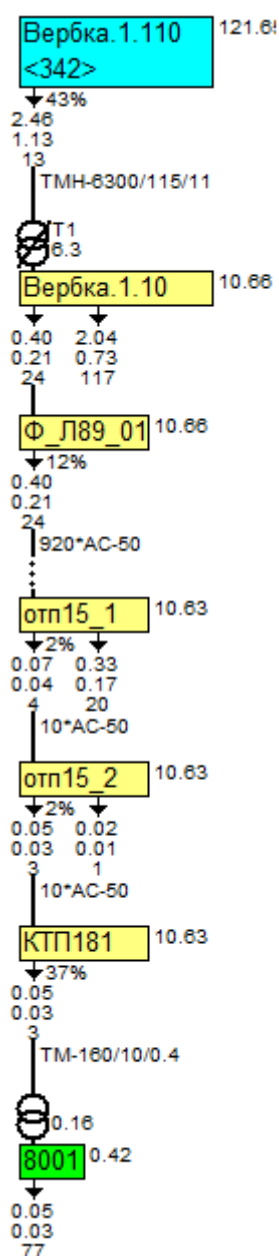
Колонка	Опис
<b>Точка розрахунку ЕЕРП</b>	назва вузла, до якого "прив'язується" точка (точки) обліку і службові символи для додавання трансформатору (символ "+") та/або КЛ/ПЛ (символ "="), наприклад, "ТП-247.1+Т1=Л3";
<b>ЕІС-код</b>	код енергетичної ідентифікації точки комерційного обліку;
<b>№ лічильника</b>	номер лічильника електроенергії в точці обліку;
<b>Фактична адреса</b>	адреса, за якою встановлено лічильник;
<b>т.о.</b>	кількість точок обліку в точці розрахунку ЕЕРП (якщо не заповнюються ЕІС-код і номер кожного окремого лічильника);
<b>Рнав, Qнав</b>	максимальне активне та реактивне навантаження в точці розрахунку ЕЕРП [МВт, МВАр], якщо Qнав = 0, то автоматично Qнав = 0.5 · Рнав, де 0.5 – нормативний tgφ;
<b>Ртр, Qтр</b>	транзитне активне та реактивне навантаження в точці розрахунку ЕЕРП [МВт, МВАр] – для автоматичних розрахунків не використовується;

<b>N вузла</b>	номер вузла – точки обліку (заповнюється автоматично, але можливе редагування);
<b>N жив.</b>	номер вузла енергосистеми, від якого живиться точка обліку – балансує вузол схеми радіусу живлення (заповнюється автоматично);
<b>D2</b>	складова ЕЕРП (D2) точки обліку (заповнюється автоматично після розрахунку);
<b>D1</b>	складова ЕЕРП (D1) живлячого вузла енергосистеми (заповнюється автоматично);
<b>D</b>	сумарний ЕЕРП точки обліку: $D=D1+D2$ (заповнюється автоматично);
<b>Трансф.; лінія</b>	марка трансформатора та/або параметри лінії з роздільником ";" при використанні символів "+" та/або "=" у колонці "Точка розрахунку ЕЕРП", наприклад, "ТМ-250/10/0,4;500*АСБ-120";
<b>Nвідг</b>	номер відгалуження ПБЗ/РПН трансформатора, вказаного в колонці "Трансф.; лінія";
<b>Прим.</b>	примітка – довільний текст.

### 5.3.3. Інші таблиці

Формати таблиць вузлів і віток схеми (вибираються відповідними пунктами меню "Дані" або кнопками на панелі керування) розглянуто в п.4.1.1 і 4.1.2, формати контрольних таблиць розрахункових напруг, завантаження ліній і трансформаторів (вибираються відповідними пунктами меню "Контроль" або кнопками на панелі керування) розглянуто в п.4.8.1-4.8.3.

### 5.3.4. Автоматична графіка схем радіусів живлення споживачів



Термін "радіус" живлення передбачає конфігурацію схеми, що включає вузли і вітки ланцюгу живлення від точок обліку до вузлів 110(150) кВ, що входять до складу схем енергосистем і для яких розраховано складову ЕЕРП (D1). Навантаження проміжних вузлів включає сумарне навантаження всіх його приєднань, що не входять у схему радіуса живлення (без врахування втрат потужності).

Вузли точок розрахунку ЕЕРП виносяться окремими зв'язками із відповідними вузлами прив'язки до схеми, мають нумерацію починаючи з 8000 і позначаються зеленим кольором, при цьому, від навантаження вузлів прив'язки віднімається навантаження точок розрахунку ЕЕРП, якщо різниця від'ємна, то навантаження вузла прив'язки приймається рівним нулю.

Балансує вузол позначається блакитним кольором і додатково в дужках "< ... >" відображає номер вузла схеми енергосистеми, для якого розраховано складову ЕЕРП (D1). Таких вузлів у схемі радіуса живлення може бути декілька, при цьому складову ЕЕРП (D1) розраховується за середнім значенням. Модулі напруги і кути балансує вузлів є розрахунковими значеннями із схеми відповідної енергосистеми.

У ланцюгу схеми радіуса живлення, як правило, відображаються назви вузлів, параметри ліній і трансформаторів, перетоки в лініях (навантаження вузлів) у МВт, МВАр, струми (А), завантаження ліній і трансформаторів у відсотках та напруги вузлів. У разі порушення меж за напругою чи завантаженням трансформатора або лінії відповідний параметр (напруга, переток P,Q або струм) підсвічується червоним кольором.

Автоматична графіка схеми радіуса живлення споживача відображається при натисканні кнопки "Схема" на панелі керування. Загальні інструкції щодо автоматичної графіки схем наведені в п.4.10, при цьому функції редагування графіки схеми недоступні. Натисканням правої кнопки миші на порожньому місці (білому фоні) можна змінити "Параметри" графіки або "Кольори".

Для швидкого пошуку вузла на схемі використовується комбінація "Ctrl" + "Alt" + натискання лівої кнопки миші на білому фоні. На екрані з'явиться вікно "Пошук вузла на схемі". Пошук вузла виконується візуально або набором першим літер назви вузла, далі кнопка

"Застосувати" – в результаті виконується позиціонування на вибраному вузлі (як правило, в центрі екрану), а сам вузол виділяється жирним контуром.



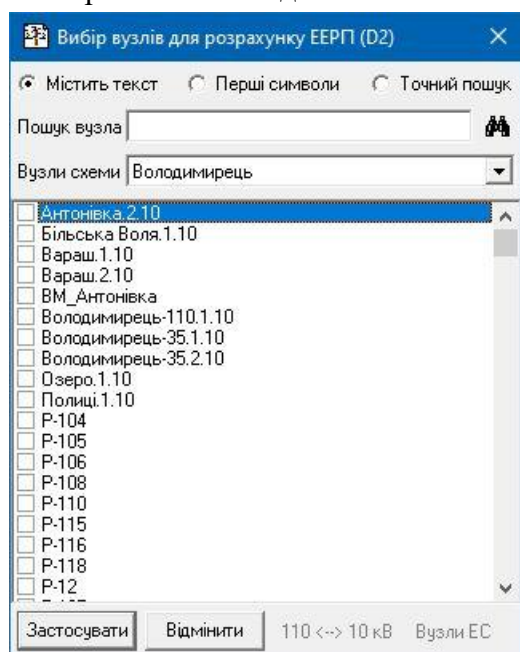
## 5.4. Побудова радіусу живлення та розрахунок ЕЕРП

Для введення нового споживача до бази та розрахунку його ЕЕРП необхідно виконати такі кроки (за умови, що вже сформовано базу споживачів на диску та задано каталоги розрахункових схем, як описано в п. 5.2):


**5.4.1. У таблиці споживачів** ввести назву споживача (обов'язково), а також іншу інформацію щодо споживача та договору з ним (не обов'язково). При збереженні таблиці новому споживачеві буде автоматично присвоєний унікальний номер у базі (ID) і на диску створено файл \*.PT, що містить перші чотири літери назви бази споживачів + номер ID. Наприклад, на диску створено базу з назвою файла "kove1.pr", тоді файли \*.PT, \*.UZL, \*.VET споживачів будуть мати назви "kove"+номер ID ("kove0001", "kove0002", "kove0003" і т.д.).

**5.4.2.** Встановивши курсор у рядок з новим споживачем, перейти до таблиці точок обліку за допомогою пункту меню "Дані" → "Точки обліку", кнопки "Точки обліку" на панелі керування або комбінації клавіш "Ctrl + →".

**5.4.3.** У колонку "Точка розрахунку ЕЕРП" ввести найменування вузлів схеми, в яких встановлені точки обліку споживача. Вони повинні повністю збігатися з найменуванням цих вузлів у розрахункових схемах, тому рекомендується використовувати не ручне введення, а вибір зі списків вузлів розрахункових схем. Для цього необхідно натиснути кнопку "Вибір підстанції, РП, ТП" (✓ П/ст, РП, ТП) на панелі інструментів або клавішу "Insert" на клавіатурі. На екрані з'явиться діалогове вікно "Вибір вузлів для розрахунку ЕЕРП D2":



У списку "Вузли схеми" вибирається розрахункова схема, в якій виконується пошук вузла. У цьому списку знаходяться всі схеми енергокомпаній (каталог Net110\ ) та РЕМ (каталог Net10\ ), обрані при налаштуванні "каталогів розрахункових схем" поточної бази споживачів (п.5.2).

Зазвичай пошук виконується набором перших літер назви вузла – при цьому курсор автоматично змінює позицію (щоб почати набір заново треба клацнути мишкою на довільному вузлі із списку). Для більш ретельного пошуку слід вибрати тип пошуку: "Містить текст", "Перші символи" або "Точний пошук", ввести текст у поле "Пошук вузла" і натиснути кнопку . Також в колонці "Точка розрахунку ЕЕРП" можна попередньо ввести номер ТП, при цьому в окні пошуку буде показано тільки вузли, що містять цей номер.

Після знаходження потрібного вузла для додавання його в таблицю точок обліку достатньо встановити на ньому курсор і натиснути кнопку "Застосувати" або клавішу "Enter". Для додавання одночасно кількох вузлів слід помітити їх у списку та натиснути кнопку "Застосувати" або клавішу "Enter".

Якщо під час виклику вікна "Вибір вузлів для розрахунку ЕЕРП D2" курсор був встановлений у порожньому рядку таблиці точок обліку споживача, то список вузлів у вікні пошуку міститиме повний список вузлів обраної схеми. Якщо курсор був встановлений у рядку, в якому колонка "Точка розрахунку ЕЕРП" вже була заповнена найменуванням вузла з певним номером або назвою, то під час виклику вікна "Вибір вузлів для розрахунку ЕЕРП D2" буде автоматично здійснено пошук типу "Містить текст" для цього номера або назви (наприклад, якщо в таблиці точок обліку натиснути "Insert" на рядку, що містить найменування вузла "33" або "ТП33.1", то буде виведений список усіх вузлів, що містять номер 33). У цьому випадку після натискання кнопки "Застосувати" (або клавіші "Enter") початковий вміст колонки "Точка розрахунку ЕЕРП" буде замінено на назву вибраного вузла.

**5.4.4.** За потреби (залежно від реального розташування точки обліку) можна додати до радіусу живлення додаткові схемні елементи – трансформатори або лінії. Для цього в колонці "Точка розрахунку ЕЕРП" після найменування вузла додається службовий символ "+"


(додавання трансформатора), "=" (додавання лінії) або комбінація цих символів, а в колонку **"Трансф.;лінія"** – параметри цих елементів.

За допомогою службового символу "+" до радіусу живлення між заданим вузлом та точкою обліку додається трансформаторний зв'язок. Розрахункові схеми 150(110)/35/10(6) кВ, як правило, не потребують цього, оскільки у переважній більшості містять секції шин 10, 6, 0.38 кВ як окремі вузли, які можна безпосередньо вибрати зі списку, тому символ "+" найчастіше використовується для додавання трансформаторів 10(6)/0.38 кВ до вузлів розрахункової схеми РЕМ. При цьому в колонку **"Трансф.;лінія"** необхідно ввести марку доданого трансформатора у стандартному форматі (п.2.1.10), наприклад, "ТМ-250/10/0.4".


Службовий символ "=" служить для додавання кабельної або повітряної лінії до радіусу живлення між заданим вузлом та точкою обліку. Такий спосіб може використовуватися, наприклад, для розрахунку ЕЕРП вузла, відсутнього в розрахунковій схемі РЕМ, шляхом його прив'язки до найближчого присутнього в схемі вузла з додаванням лінії 10(6) кВ. Інший варіант використання символу "=" – це додавання лінії 0.38 кВ між шиною 0.38 кВ трансформатора і точкою обліку (лічильником) споживача. У колонку **"Трансф.;лінія"** необхідно ввести марку лінії, що додається у стандартному форматі (п.2.1.3), наприклад, "120\*АСБ-95+70\*СИП-70" (120м кабелю АСБ-50 і 70м проводу СИП-70).

Допускається використання комбінації службових символів "+" та "=", наприклад:  
**ТП-100 = ТП-101 + Т1** – відсутній у схемі ТП-101 живиться від ТП-100, облік на стороні НН;  
**ТП-207.2+Т2=Л4** – точка обліку знаходиться на фідері 0.38 кВ Л4, що відходить з ТП-207.

У разі використання в колонці "Точка розрахунку ЕЕРП" **обох** службових символів в колонці **"Трансф.;лінія"** записуються параметри трансформатора і лінії, розділені символом ";", при цьому першим записується марка того обладнання, яке додається першим в колонці **"Точка розрахунку ЕЕРП"** (наприклад, "ТМ-250/10/0.4;120\*АСБ-95+70\*СИП-70" або "830\*АС-70;ТМ-320/6/0.4").

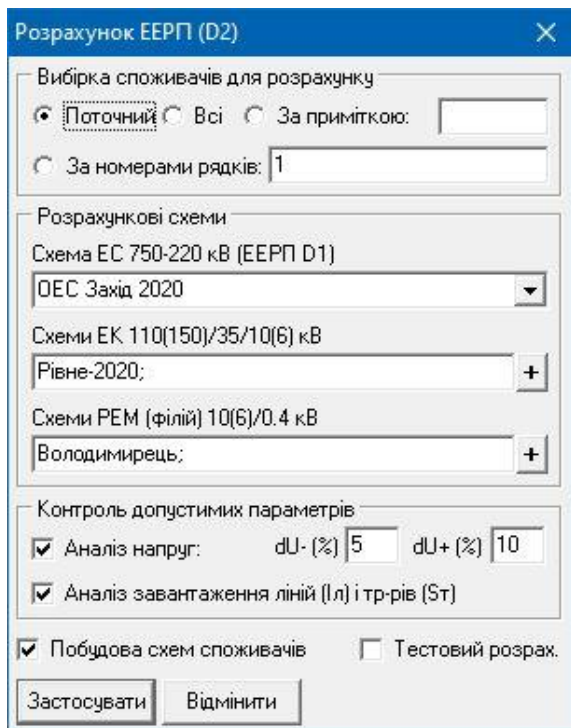
**5.4.5.** Для перевірки правильності задання точок обліку можна виконати побудову їх радіусів живлення без розрахунку ЕЕРП. Для цього використовується кнопка **"Побудова радіуса живлення"** () на панелі керування. При цьому на диску створюються або оновлюються файли \*.UZL та \*.VET, що містять розрахункову схему поточного споживача, і стає доступною автоматична графіка схеми радіусу живлення. При розрахунках ЕЕРП радіуси споживачів, як правило, попередньо перебудовуються (для нових підприємств – будуються автоматично), тому ця операція не є обов'язковою і використовується, в основному, для контролю правильності найменувань вузлів – точок розрахунку ЕЕРП.

**5.4.6.** У таблиці точок обліку заповнити колонки, що залишилися: ЕІС-код, номер лічильника та адресу його встановлення (не обов'язково), кількість точок обліку (не обов'язково), **максимальне активне та реактивне навантаження** кожної точки розрахунку [мВт, мВАр] (**обов'язково**), "Прим." – довільна текстова примітка (не обов'язково). Не заповнені колонки "т.о." автоматично заповнюються "1" (одна точка обліку). Ця колонка використовується для розрахунку середнього значення ЕЕРП (колонка "Dcp" в таблиці споживачів)

**5.4.7.** Запустити розрахунок ЕЕРП споживача або групи споживачів. Для цього слід натиснути кнопку **"Розрахунок ЕЕРП"** ( **ЕЕРП (D2)**) на панелі керування, або вибрати пункт меню **"ЕЕРП (D2)"** → **"Розрахунок"**, або скористатися комбінацією клавіш **"Ctrl + R"**. На екрані з'явиться вікно **"Розрахунок ЕЕРП (D2)"**, в якому обираються налаштування розрахунку:

**"Вибірка споживачів для розрахунку"** передбачає такі варіанти:

- **"Поточний"** – розраховується один поточний споживач;
- **"Всі"** – розраховується всі споживачі поточного каталогу споживачів;
- **"За приміткою"** – розраховуються тільки споживачі, які мають певний запис у колонці **"Прим."** таблиці споживачів, при цьому у полі введення задається текст цього запису;
- **"За номерами рядків"** – розраховуються споживачі, які розташовані у певних рядках таблиці споживачів, при цьому у полі введення задається перелік рядків з використанням символів "-" та ",".



споживачів. При цьому в таблиці споживачів відображаються додаткові колонки, аналогічні функції порівняння каталогів (п. 5.6.2), які служать для порівняння раніше розрахованих ЕЕРП з ЕЕРП тестового розрахунку.

#### 5.4.8. Проаналізувати та виправити помилки, що виникли при розрахунку.

Всі повідомлення про помилки у комплексі КВАРЕМ мають стандартний формат, що містить чотири складові: "текстове найменування помилки" + "ID підприємства" + "внутрішній код помилки" + "рядок таблиці точок розрахунку ЕЕРП споживача", наприклад: *ТП-202 не знайдено ID=115 Err=1 Row=1*. При розрахунку одного підприємства повідомлення про помилку виводиться у вікні, а при розрахунку групи споживачів – в інтерактивному списку, який автоматично з'являється у нижній частині вікна програми. У цьому списку кожна помилка відображається в окремому рядку. **Подвійне натискання** на рядку лівою кнопкою миші дозволяє швидко перейти до того споживача, при розрахунку якого виникла вказана помилка, і саме в ту таблицю, де її можна побачити та/або виправити (наприклад, подвійне натискання на помилці типу "Вузол не знайдено" призводить до автоматичного переходу до таблиці точок обліку споживача, на помилці типу "Перевищення допустимого струму лінії" – до таблиці контролю завантаження ліній тощо). Оновлення інформації в інтерактивному списку помилок відбувається тільки після повторного розрахунку ЕЕРП будь-якої вибірки споживачів. Приховати список помилок можна за допомогою пункту "**Сховати**" контекстного меню, що з'являється при натисканні правої кнопки миші на цьому списку. Контекстне меню також дозволяє вивести поточний список помилок на друку.

Нижче наводиться перелік текстових найменувань найпоширеніших помилок при розрахунках ЕЕРП та можливі способи їх усунення.

- "**ТП... (ПС...) не знайдено**" – невірно задано найменування вузла або вузол відсутній у розрахунковій схемі. Необхідно знову вибрати потрібний вузол у вікні "Вибір вузлів для розрахунку ЕЕРП (D2)" (п. 5.4.3) і відредагувати назву вузла у таблиці точок обліку споживача або відредагувати назву вузла у відповідній розрахунковій схемі (РЕМ або ЕК).

- "**ПС... не знайдено**" (де ПС... – найменування шин 10(6) кВ високовольтної підстанції) – неможливе стикування розрахункових схем двох нижніх рівнів, тобто, вузол, заданий у схемі РЕМ як живлячий, не знайдений у схемі ЕК. Необхідно відредагувати розрахункові схеми або додати потрібні схеми у вікні каталогів розрахункових схем (п. 5.2).

- "**Вузол ... у схемі ЕС (ЕЕРП D1) ... не знайдено**" – у розрахунковій схемі верхнього рівня (схемі ЕС) не знайдено вузол з номером, заданим як номер вузла енергосистеми у схемі ЕК. Необхідно вибрати правильну схему ЕС у вікні каталогів розрахункових схем, перевірити наявність файлів усіх необхідних схем ЕС у підкаталозі Net750 на диску або відредагувати схему ЕК.

"**Розрахункові схеми**" – перелік розрахункових схем усіх рівнів, що використовуються для побудови радіусів живлення та розрахунку ЕЕРП обраних споживачів. Відповідає переліку схем, заданих у вікні "**Вибір каталогів розрахункових схем**" (п. 5.2).

"**Контроль допустимих параметрів**" – опції здійснення перевірки порушень допустимих меж режимних характеристик (напруг у вузлах, струмів ліній і перетоків потужності трансформаторів) при розрахунку ЕЕРП. Як правило, усі опції контролю повинні бути включені.

"**Побудова схем споживачів**" – опція, що ініціює перебудову радіусу живлення кожного споживача безпосередньо перед розрахунком його ЕЕРП. Ця опція потрібна для врахування змін, внесених до розрахункових схем після останнього розрахунку і стандартно повинна бути увімкненою.

"**Тестовий розрах.**" – розрахунок ЕЕРП без збереження результатів розрахунку у файли

- Помилки типу "Не задана марка", "Невірно задана марка", "Марка ... в каталозі ... не знайдена", "Некоректний запис лінії" – у колонці "Точка розрахунку ЕЕРП" за допомогою символів "+" та/або "=" до радіусу живлення додається трансформатор та/або лінія, але марка в колонці "Трансф.;лінія" не задана, задана невірно або відсутня у довіднику комплексу.

- "Порушені межі за напругою", "Перевищення допустимого струму лінії" та "Перевищення номінальної потужності трансформатора" – набір помилок, пов'язаних з контролем допустимих режимних параметрів; крім текстового повідомлення при розрахунку ЕЕРП вони дублюються встановленням символів "+" у відповідних колонках "U", "Iл" та "St" таблиці споживачів. Дані помилки можуть бути як наслідком некоректно введених даних за точками обліку (завищені навантаження, неправильні марки доданих трансформаторів та ліній), так і результатом певних проблем у розрахункових схемах (невірна конфігурація, помилки у параметрах обладнання, некоректні навантаження у вузлах) або просто складних режимних ситуацій певних ділянок схем. Необхідно перевірити всі перелічені вище фактори, в деяких випадках – виконати балансування певних фідерів у схемах РЕМ.

- "Режим не збігається" – неможливо розрахувати режим схеми при заданих навантаженнях та/або параметрах обладнання (ітераційний процес розрахунку розбіжний). Найчастіше це пов'язано з некоректно завищеними навантаженнями (наприклад, замість МВт/МВАр навантаження в таблиці точок обліку задане в кВт/кВАр) або некоректною конфігурацією мережі. Необхідно виправити навантаження, перевірити розрахункові схеми, у деяких випадках – виконати балансування певних фідерів у схемах РЕМ.

## 5.5. Друк документів

Для друку документів слід вибрати пункт меню "ЕЕРП (D2)" → "Друк", або скористатися комбінацією клавіш "Ctrl + P". На екрані з'явиться вікно налаштувань та вибірки друку:

У цьому вікні потрібно обрати тип документа. У задачі КВАРЕМ передбачено формування чотирьох різних типів документів із можливістю їхнього збереження у форматі стандартних документів Microsoft Office (документів MS Word або електронних таблиць MS Excel):

"Зведена відомість ЕЕРП (D2)" – документ типу Microsoft Excel, в якому послідовно виводяться заголовки споживачів і таблиця точок обліку (назви точок розрахунку ЕЕРП, Рнав, Qнав, D1, D2, D та ін.) Подальше редагування та друк здійснюється засобами Excel. До заголовку споживача, **перед його назвою**, можна включити наступні складові: порядковий номер ("№ з/п"), а також вміст колонок "Прим.", "№ дог.", "№ о.р.", "D ср" таблиці споживачів. Опція "Заголовок і таблиця на одному рівні" вирівнює ці компоненти (у стандартному вигляді таблиця зміщена вправо по відношенню до заголовків), опція "Сховати шапку таблиці зведеної відомості" виводить назву колонок таблиць один раз на початку відомості (у стандартному вигляді – для кожного споживача),

що економить обсяг сторінок, опція "Додати назву РЕМ/філій (файл \*.ini)" додає на початку відомості назву РЕМ/філії, що вказується у файлі \*.INI, який створюється разом із файлом \*.PR (базою споживачів), у секції "PrnRES=Назва РЕМ".

Зведену відомість можна вивести в заздалегідь створений шаблон, в якому сформовано стандартну верхню та нижню частину документа ("шапка" та "підписи"). Приблизний вигляд шаблону показано нижче:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	A3:A16							
2	A18:A22							
3						Затверджую		
4								
5						(Голова підприємства)		
6						(Назва підприємства)		
7								
8							_____ (ПІБ Голови)	
9								
10						" "		20 г.
11								
12								
13	<b>ЗВЕДЕНА ВІДОМІСТЬ</b>							
14	економічних еквівалентів реактивної потужності ЕЕРП (D2, D, Dcp)							
15	(назва підприємства) на період 20__-20__ рр.							
16								
17								
18	<b>Підписи:</b>							
19								
20	(Посада №1)						/(ПІБ №1)/	
21								
22	(Посада №2)						/(ПІБ №2)/	
23								

Введення тексту "шапки" та "підписів" **бажано здійснювати в комірці колонки "А"**, щоб в подальшому не залежати від форматування інших колонок. Перші два рядки шаблону зарезервовані під службові записи, що вказують діапазон рядків "шапки" зведеної відомості (рядок 1) та "підписів" (рядок 2). Для виведення зведеної відомості до підготовленого файлу шаблону необхідно в полі "**Шаблон**" вказати місцезнаходження цього файлу на диску. Для цього слід натиснути кнопку "..." та у стандартному діалоговому вікні вибрати потрібний файл шаблону.

**Зведена таблиця точок розрахунку ЕЕРП** являє собою документ у форматі Microsoft Excel, що поєднує інформацію із таблиці споживачів і таблиць точок обліку. Для ряду енергокомпаній такий тип документу також може використовуватись як зведена відомість ЕЕРП (D2), тому для нього також додаються "шапка" і "підписи" із шаблону попереднього документу. З іншої сторони цей тип документу може використовуватись для певних групових змін, наприклад, однакових змін у назвах ТП, та зворотного імпорту в базу споживачів (п.5.6.4).

**Лист-повідомлення про перерахунок ЕЕРП** – це документ у форматі Microsoft Word, призначений для відправки у формі листа-повідомлення споживачеві щодо перерахунку ЕЕРП у зв'язку з переходом на новий дворічний розрахунковий цикл згідно чинної Методики. Цей документ має **незмінну структуру табличних полів**, куди з комплексу КВАРЕМ автоматично переноситься назва споживача, номер договору і заповнюється таблиця точок обліку із розрахунковими значеннями ЕЕРП. Текст поміж табличних полів може змінюватись довільно, але заборонено додавати будь-яку іншу таблицю. Чистий екземпляр такого листа-повідомлення вказується у полі "**Шаблон**". Також у лист-повідомлення можуть автоматично додаватись реквізити споживача за наявності відповідної бази у форматі \*.txt. При вимкненій опції "**Зберегти у файл**", документ буде виведений безпосередньо на принтер. Якщо цю опцію увімкнено, то дос-файл листа-повідомлення буде збережений на диску в тому ж підкаталозі, де знаходиться шаблон. Ім'я файлу міститиме № договору, № особового рахунку та назву споживача, подальше редагування та друк документа здійснюється засобами Microsoft Word.

**Додатковий договір про перерахунок ЕЕРП** – це документ у форматі Microsoft Word в який також виводяться назва споживача, номер договору, номер особового рахунку і заповнюється таблиця точок обліку. Але, на відміну від попереднього документу, формат цього файлу має **змінну структуру полів і колонок таблиці точок обліку**. Цей шаблон також може використовуватись для формування листів-повідомлень. Виведення на друк або збереження у файли виконується аналогічно попередньому документу.

У нижній частині вікна "Друк документу" в боксі "Вибір споживачів" формується вибірка споживачів для друку розглянутих документів. Варіанти вибірки такі ж самі, що і для розрахунку ЕЕРП, тобто, один (поточний) споживач, всі споживачі, вибірка за колонкою "Прим." таблиці споживачів або за номерами рядків.

Усі налаштування та місцезнаходження шаблонів у вікні "Друк документу" запам'ятовуються. На комп'ютері повинно бути встановлено програмне забезпечення MS Word і MS Excel. При формуванні документів, які використовують шаблони, файли відповідних шаблонів повинні бути закриті.

## 5.6. Додаткові функції

### 5.6.1. Порівняння баз споживачів

Ця функція використовується, як правило, при проведенні планових перерахунків ЕЕРП з метою порівняння значень ЕЕРП поточного періоду із значеннями попереднього періоду. Для здійснення порівняння необхідно вибрати пункт меню "База споживачів" → "Порівняти" і в стандартному діалоговому вікні "Порівняння бази споживачів", вибрати файл іншого каталогу споживачів для порівняння (файл з розширенням \*.PR). В результаті виконання цієї функції до таблиці споживачів будуть додані чотири колонки:

Колонка	Опис
<b>Дср*</b>	середнє значення ЕЕРП споживачів у базі, що обрана для порівняння;
<b>D-D*</b>	різниця середніх значень ЕЕРП споживачів;
<b>D/D*</b>	відношення середніх значень ЕЕРП споживачів;
<b>D2/D2*</b>	відношення середніх значень ЕЕРП D2.

Порівняння виконується за однаковими ідентифікаторами в колонці "ID", але при цьому можливі ситуації порівняння різних споживачів (номери ID для нових споживачів визначаються послідовним наростанням із заповнення пропусків, тобто, при видаленні у поточному каталозі споживача з ID=1, новий споживач обов'язково отримає цей ID).

Загальну тенденцію зміни значень ЕЕРП за базою споживачів у результаті планового перерахунку ЕЕРП найбільш зручно аналізувати шляхом сортування таблиці по колонці "D/D\*". Значення менше одиниці вказують на зменшення Дср цих споживачів (наприклад, D/D\* = 0.5 означає, що Дср зменшилося вдвічі), значення більше одиниці вказують на зростання Дср порівняно з попередніми значеннями (наприклад, D/D\* = 1.5 означає, що Дср збільшилося в півтора рази).

Щоб повернутися до початкового вигляду таблиці споживачів (прибрати колонки додані при порівнянні) необхідно заново відкрити файл бази споживачів.

### 5.6.2. Копіювання бази споживачів

Для копіювання споживача або групи споживачів із однієї бази до іншої необхідно у таблиці споживачів за допомогою курсору вибрати потрібного споживача (встановити курсор на потрібний рядок у довільній колонці) або групу споживачів (виділити групу рядків у довільних колонках за допомогою клавіш "Shift" + ↓↑) і вибрати пункт меню "База споживачів" → "Копіювати". На екрані з'явиться стандартне діалогове вікно "Копіювання бази споживачів", в якому необхідно вибрати файл каталогу споживачів (файл з розширенням \*.PR), до якого потрібно виконати копіювання.

Ця функція може бути корисною при об'єднанні декількох баз споживачів в одну, або навпаки, при необхідності розділення бази споживачів. При виконанні цієї функції у файл \*.PR, в який проводиться копіювання, додаються нові записи, а на диску створюються нові файли \*.PT, \*.UZL і \*.VET для кожного споживача з перенесенням даних. У базі споживачів додані споживачі розташовуватимуться наприкінці таблиці. При цьому з вихідної бази вони не видаляються, тому для переміщення споживачів з однієї бази до іншої слід спочатку виконати копіювання, як описано вище, а потім видалити скопійованих споживачів з вихідного каталогу (групове видалення виконується виділенням рядків у довільних колонках і клавішою F8).

### 5.6.3. Відновлення бази споживачів

Ця функція використовується у разі пошкодження файлу бази споживачів (\*.PR), в результаті якого файл у комплексі КВАРЕМ не відкривається або відкривається з помилками. Запуск відновлення здійснюється шляхом вибору пункту меню "**База споживачів**" → "**Відновити**". На екрані буде виведено запит підтвердження з попередженням про те, що існуючі дані таблиці будуть втрачені. Після натискання кнопки "**Так**" програма очистить поточний вміст відкритого файлу \*.PR і заново сформує його на основі наявного набору файлів точок обліку споживачів (\*.PT). В цих файлах додатково зберігається інформація щодо назви споживача, номеру договору, номеру особового рахунку. *Ці дані записуються тільки при зберіганні відповідного файлу точок обліку або при розрахунку ЕЕРП. Не відновлюються колонки "Дата дог.", "Юридична адреса", "U", "Iл", "Sm", "L35", "L10", "Прим."*. Також не відновлюються кольорове оформлення таблиці споживачів.

Причиною пошкодження файлу бази підприємств найчастіше є "зависання" комп'ютера або відключення електроживлення під час запису даних у файл. Пошкодження файлу \*.PR не може бути наслідком мультикористувацької роботи з комплексом, бо одночасна робота кількох користувачів з однією і тією ж базою споживачів не допускається. Це досягається автоматичним створенням на диску в підкаталозі бази тимчасового файлу з таким самим ім'ям, як і у відкритого файлу бази споживачів, і розширенням \*.PR~ при переході користувачем в режим редагування таблиці. Після створення цього файлу будь-який інший користувач, наприклад, який працює з програмою через локальну мережу, отримає відмову в доступі до редагування цієї бази з повідомленням "**Файл \*.PR редагується**". Після виходу з комплексу або завершення роботи з базою підприємств файл \*.PR~ автоматично видаляється. Якщо робота з програмою була завершена некоректно (зависання комп'ютера, відключення електроживлення, примусове закриття комплексу через диспетчер задач тощо) тимчасовий файл \*.PR~ не буде автоматично видалений та заблокує доступ до редагування бази споживачів усім користувачам. У цьому випадку необхідно видалити вручну цей файл на диску.

### 5.6.4. Імпорт бази споживачів

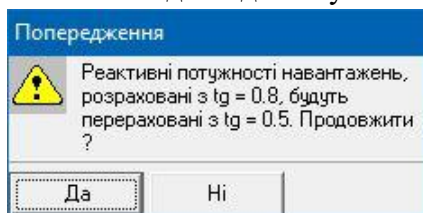
Базу споживачів можна імпортувати із файлу MS Excel. Такий файл представляє собою звичайну таблицю Excel з верхнім рядком заголовків колонок і відповідними даними. Формат такого файлу поєднує інформацію **таблиці споживачів** і **таблиці точок обліку**. Основні вимоги до оформлення файлу Excel наступні:

- назви заголовків повинні точно відповідати назвам заголовків таблиці споживачів і таблиці точок обліку;
- перша колонка є визначальною: імпорт закінчується за наявності пустого значення в першій колонці; за дублюванням її значень визначається кількість точок обліку споживача;
- файл може мати довільну кількість колонок в довільному порядку (виключенням є тільки перша колонка), в тому числі може мати колонки, які відсутні в базі споживачів.

Функція імпорту здійснюється вибором меню "**База споживачів**" → "**Імпорт (Excel)**" і вибором файлу \*.XLS або \*.XLSX у стандартному діалоговому вікні.

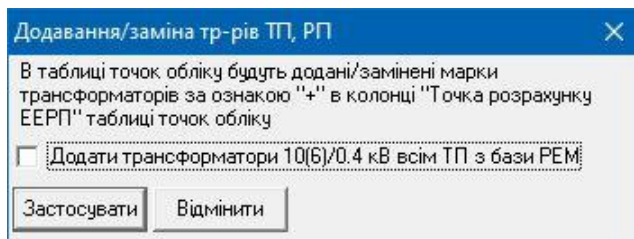
### 5.6.5. Функції автоматичного вводу та заміни даних

В комплексі передбачено низку операцій для спрощення групової заміни або введення певних вихідних даних у базі споживачів, а саме:



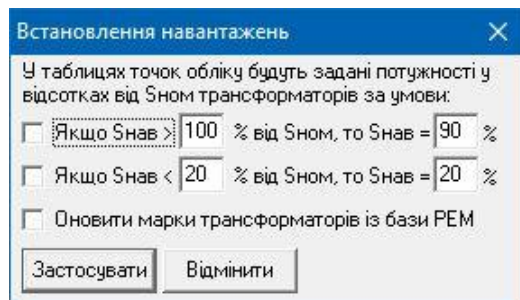
Меню "**База споживачів**" → "**Тангенс 0.8 → 0.5**". Ця функція виконує корекцію реактивних навантажень точок обліку, що розраховані з використанням застарілого нормативного значення  $\text{tg}\varphi = 0.8$  ( $\text{tg}\varphi = Q_{\text{нав}}/P_{\text{нав}}$ ) на значення  $\text{tg}\varphi = 0.5$  згідно чинної Методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії. Додавання цієї функції було пов'язане з переходом до нової редакції Методики і на даний час фактично втратило актуальність.

Меню "База споживачів" → "Додати тр-р "+Т"". Ця функція для усіх точок обліку споживачів поточної бази, де присутній службовий символ "+" (додавання трансформатора до



радіусу живлення) у колонку "Трансф.;лінія" додає (якщо відсутній) або замінює існуючий запис на марку трансформатора, задану в таблиці "трансформатори ТП, РП" задачі "Бази РЕМ". Виконання такої операції може

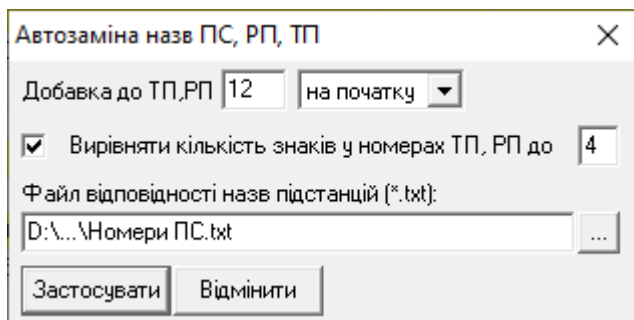
бути актуальне при плановому перерахунку ЕЕРП для оновлення трансформаторів у базі споживачів на основі скорегованої бази РЕМ. Опція "Додати трансформатори ... з бази РЕМ" аналізує всі записи точок обліку з відсутнім символом "+" і коригує такі записи з додаванням трансформатора, якщо він наявний в базі РЕМ. Ця опція корисна коли більшість точок обліку споживачів має облік на стороні 0.38 кВ але не враховано трансформатор 10(6)/0.38 кВ (відсутній символ "+").



Меню "База споживачів" → "Установка навантаження". Ця функція служить для групової корекції навантажень точок обліку на основі аналізу завантаження трансформаторів, що додані за допомогою службового символу "+". Аналізуються верхня і нижня межі, при порушенні яких в точці обліку встановлюється навантаження, що задано у відсотках від номінальної потужності трансформатора. Реактивна потужність розраховується за тангенсом 0.5. Водночас

можна оновити марки доданих трансформаторів за даними розрахункової схеми бази РЕМ.

Меню "База споживачів" → "Заміна ПС, РП, ТП". Ця функція виконує автоматичну



заміну найменувань вузлів у колонці "Точка розрахунку ЕЕРП" за певними правилами, заданими у діалоговому вікні, або прописаними у текстовому файлі. Строкове значення у полі "Добавка до ТП, РП" буде додано до всіх назв ТП, РП на початку або в кінці. Номери ТП, РП можуть бути вирівняні за вказаною кількістю знаків. Файл \*.txt повинен мати дві колонки розділені символом табуляції, що містять старі і

нові назви підстанцій 110(150)/35 кВ. Це буває потрібно, наприклад, у випадку масової зміни назв живлячих підстанцій у розрахунковій схемі ЕК, або при об'єднанні двох районів (філій), коли для запобігання повторення найменувань ТП/РП до назв одного з них додається певне позначення, наприклад, до всіх назв ТП, РП треба на початку додати номер району (12) і вирівняти до 4-х знаків, тобто, ТП123 повинно перетворитись на ТП270123.

### 5.6.6. Формування звіту по середнім значенням ЕЕРП

Формування звіту по середнім значенням ЕЕРП розрахункової бази споживачів ініціюється пунктом меню "База споживачів" → "Загальний звіт щодо Дср" і зазвичай використовується для порівняння та аналізу загальних тенденцій зміни ЕЕРП при переході від одного дворічного розрахункового циклу до наступного. Після запуску даної функції потрібно у стандартному діалоговому вікні обрати каталог розрахункової бази для формування звіту (як правило, це каталог розрахункового періоду, наприклад, "2023-2024", після чого програма підраховує кількість споживачів та середні значення ЕЕРП D1, D2 і D по всім наявним у вибраному каталозі базам споживачів і виводить результати розрахунків у таблицю Microsoft Excel. Після виведення звітів по двом каталогам однакової структури (наприклад, каталоги двох послідовних розрахункових періодів) засобами Microsoft Excel можна виконати їх об'єднання в одну таблицю і виконати порівняння відповідних комірок.



### 5.6.7. Додаткові службові задачі

Через меню "Задачі" доступні такі додаткові функції комплексу КВАРЕМ:

"Задачі" → "Видалення перенесень" – видаляє невидимі службові символи перенесення рядку з усіх символічних колонок таблиць споживачів і точок обліку. Зазвичай ці символи потрапляють до таблиці при копіюванні тексту через буфер обміну з інших програм (найчастіше – з Microsoft Excel) і наявність цих символів у таблиці може порушувати нормальну розмітку документів, що формуються комплексом КВАРЕМ, наприклад, зведених відомостей ЕЕРП.

"Задачі" → "Заміна дублювань ID" – виконує у поточній базі пошук споживачів з однаковими номерами ID і виправляє номери для усунення дублювань. Подібні ситуації можуть виникати при об'єднанні або відновленні розрахункових баз, вони не є коректними і можуть заважати нормальній роботі деяких функцій комплексу.


"Задачі" → "Інформація про "=" – виводить список споживачів, у яких в таблиці точок обліку використовується службовий символ "=" для додавання ліній до точок розрахунку ЕЕРП. Операція корисна, коли символ "=" використовувався для додавання нових ТП, а у новій базі РЕМ ці ТП вже наявні.


## 6. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання


Головне меню задачі "Трифазні С.К.З." складається з наступних пунктів:

Назва меню	Пункти меню	Панель керування	Коментар
Дані	Створити		- створення файлу даних для розрахунку С.К.З. (файл *.DKZ);
	Завантажити		- завантаження файлу даних для розрахунку С.К.З.;
	Зберегти		- збереження файлу даних для розрахунку С.К.З.;
	Зберегти як		- збереження файлу даних для розрахунку С.К.З. під іншим ім'ям;
	Друк		- друк файлу даних для розрахунку С.К.З.;
	Вихід		- вихід із задачі "С.К.З.";
Радіус	Сформувати радіус		- формування розрахункового радіусу для вузлів К.З.;
	Показати на графіці		- перегляд графіки розрахункового радіусу;
	Розрахунок с.к.з. радіуса		- розрахунок струмів трифазного короткого замикання;
Схеми	Додати схему		- додавання схеми до списку схем, на підставі яких формуються радіуси вузлів К.З.;
	Видалити схему		- видалення вибраної схеми зі списку схем, на підставі яких формуються радіуси вузлів К.З.;
		Схема	- вибір поточної схеми зі списку.


### 6.1. Робота з файлами даних для розрахунку С.К.З.

Створення файлів даних для розрахунку С.К.З. здійснюється вибором пункту меню "Дані" → "Створити" (кнопка  на панелі керування). У стандартному діалоговому вікні необхідно набрати ім'я файлу та натиснути кнопку "Відкрити", при цьому на диску створюються два файли із вказаним ім'ям та розширеннями \*.DKZ (таблиця "Вузли К.З., Зсист, ЕРС") і \*.RKZ (таблиця "Розрахунковий радіус вузлів К.З.").

Для редагування існуючих файлів потрібно вибрати пункт меню "Дані" → "Завантажити" (кнопка  на панелі керування). У стандартному діалоговому вікні потрібно вибрати потрібний файл і натиснути кнопку "Відкрити".

Для збереження даних таблиць "Вузли К.З., Зсист, ЕРС" та "Розрахунковий радіус вузлів К.З." потрібно вибрати пункт меню "Дані" → "Зберегти" (кнопка  на панелі керування).

Для копіювання файлів даних потрібно вибрати пункт меню "Дані" → "Зберегти як". У діалоговому вікні необхідно набрати нове ім'я файлу та натиснути кнопку "Відкрити".

Для виведення таблиць на друк потрібно вибрати пункт меню "Дані" → "Друк" (кнопка  на панелі керування).

### 6.2. Формування радіусу та розрахунок С.К.З.

Загалом розрахунок трифазних струмів короткого замикання виконується на основі даних таблиці "Розрахунковий радіус вузлів К.З.", що містить такі основні колонки:

Колонка	Опис
<b>п</b>	ознаки: "К" – вузол К.З., "С" – системний вузол, "Е" – вузол ЕРС (для $t = 0$ ). Ознака "К" відноситься до вузла – кінця вітки, ознаки "С", "Е" до вузла – початку вітки;
<b>Um</b>	модуль напруги на початку вітки (вказується для ознак "С", "Е") [кВ];
<b>N1, N2</b>	номери початку і кінця вітки;
<b>Початок, Кінець</b>	текстове позначення початку і кінця вітки;
<b>Марка</b>	марка обладнання вітки;
<b>R, X</b>	активний і реактивний опори вітки [Ом];
<b>Kтр</b>	коефіцієнт трансформації;
<b>I кз (0)</b>	початковий струм К.З. (для $t = 0$ ) [кА];
<b>I кз</b>	усталений струм К.З. [кА].

Розрахунок С.К.З. відбувається у два етапи – розрахунок початкового та усталеного струму К.З. Системні вузли (ознака "С") є опорними по напрузі в обох випадках. Вузли з ЕРС (ознака "Е", зазвичай це синхронні двигуни або генератори, які в початковий момент короткого замикання створюють додаткову ЕРС) беруть участь як опорні по напрузі тільки для розрахунку початкового струму К.З.

Таблицю можна **формуванати вручну**, заповнюючи всі необхідні поля. За допомогою клавіші **F9** можна розраховувати R, X, Kтр на основі довідникових даних по лініях і трансформаторах.

Для автоматичного формування розрахункового радіусу необхідно виконати такі кроки:


1. За допомогою пункту меню "Схема" → "Додати схему" додати до списку схему, за вузлами якої потрібно розрахувати струми К.З.


2. На панелі керування зі списку "Схеми" вибрати потрібну схему, при цьому таблиця "Перелік вузлів" заповниться списком вузлів цієї схеми.

3. За допомогою клавіші **F3** або контекстного меню "Пошук у колонці" знайти у списку потрібний вузол, встановити на ньому курсор (або виділити групу вузлів лівою кнопкою миші або за допомогою клавіш "Shift" + ↓↑) натиснути клавішу **F5** (копіювання блоку).

4. Перейти до таблиці "Вузли К.З., Зсист, ЕРС", встановити курсор на порожній рядок у стовпчику "Вузли схеми", натиснути клавішу **F6** (вставка блоку). При цьому таблиця має бути в режимі перегляду (режими перегляду та редагування перемикаються клавішею **F4**).

5. Перейти в режим редагування (клавіша F4), ввести в колонці "п" одну з ознак: "К" – вузол короткого замикання; "С" – системний вузол; "Е" – вузол ЕРС. Якщо ЕРС приєднано до вузла К.З. (ознака "К") то в колонках "R", "X", "U" можна вказати опір і напругу додаткової ЕРС. Якщо ЕРС приєднано до іншого вузла, то цей вузол відзначається ознакою "Е", і в колонках "R", "X", "U" вказуються опір та напруга ЕРС. Системним повинен бути обраний вузол, від якого живиться вузол К.З. і для якого розраховано еквівалентний опір до балансуєчих вузлів енергосистеми (Зсист). Цей вузол відмічається ознакою "С", а в колонках "R", "X", "U" вказуються еквівалентний опір та напруга системи.

6. Вибрати пункт меню "Радіус" → "Сформуванати радіус" (кнопка  на панелі керування), при цьому автоматично заповнюється таблиця "Розрахунковий радіус вузлів К.З.". У разі виникнення помилок формування радіусу в нижній частині вікна з'являється вікно з переліком помилок.

7. Для розрахунку С.К.З. потрібно вибрати пункт меню "Радіус" → "Розрахунок с.к.з. радіуса" (кнопка  на панелі керування). В результаті заповнюються колонки "Ікз (0)" – початковий струм К.З. з урахуванням ЕРС і "Ікз" – усталений струм К.З. без урахування ЕРС.


**Перелік вузлів**

N№	Вузли схеми
45	Марьяновка.1.10
46	Марьяновка.1.35

**Розрахунковий радіус вузлів К.З.**

N№	п	Um	N1	N2	Початок	Кінець	Марка	R	X	Kтр	Ікз (0)	Ікз
1	С	115.0	1	2	Система	Васильєвка.Т2.110		8.000			0.129	0.129
2		113.4	2	3	Васильєвка.Т2.110	Васильєвка.*Т2	ТДТН-25000/115	1.740	55.40	1.053	0.129	0.129
3		96.7	3	4	Васильєвка.*Т2	Васильєвка.2.35	ТДТН-25000/115	1.174		2.987	0.135	0.135
4		32.3	4	5	Васильєвка.2.35	Соники.1.35	14500*АС-50	9.135	5.887		0.405	0.405
5		26.2	5	6	Соники.1.35	Соники.2.35					0.405	0.405
6		26.2	6	7	Соники.2.35	Марьяновка.2.35	11500*АС-70	5.175	4.554		0.405	0.405
7		22.3	7	8	Марьяновка.2.35	Марьяновка.1.35					0.405	0.405
8		22.3	8	9	Марьяновка.1.35	Марьяновка.1.10	ТМ-2500/35/10,5	5.090	31.44	3.333	0.405	0.405
9	К	0.0	9	10	Марьяновка.1.10	Марьяновка.1.10 К.З.					4.167	1.348
10	Е	10.0	11	9	Марьяновка.1.10 ЕРС	Марьяновка.1.10		2.000			2.887	

8. Для перегляду схеми радіусу потрібно вибрати пункт меню "Радіус" → "Показати на графіці" (кнопка  "Перегляд на графіці" на панелі керування).

На графіці синім кольором виділені системні вузли та вузли ЕРС. Зеленим кольором виділений вузол К.З. По вітках показані марки та довжини ліній, марки трансформаторів і значення струмів в амперах. Для компактного відображення схеми радіусу С.К.З. потрібно натиснути праву кнопку миші, в контекстному вибрати пункт "Параметри", у вікні "Параметри схемної графіки" зі списку "Стандарт. установки" (правий нижній кут вікна) вибрати пункт "Радіус С.К.З."

