

# Розвиток електричних мереж з врахуванням стану високовольтних вводів живлячих підстанцій

**Мельник Антон Петрович** — магістрант кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Науковий керівник: **к.т.н., ст. викладач Поліщук А. Л.** кафедри електричних станцій і систем,

Вінниця.

**Актуальними завданнями** на сьогодні є: розробка нових методів і технологій контролю ВВ з метою виявлення потенційно ненадійного устаткування, з метою продовження безаварійної роботи застарілого обладнання, розробка рекомендацій з підтримки парку ВВ в роботоздатному стані, який не знижує експлуатаційну надійність; оцінка можливості продовження паспортного ресурсу ВВ, які відпрацювали понад 25 років; розробка рекомендацій з відновлення або черговості заміни застарілих ВВ на нові.

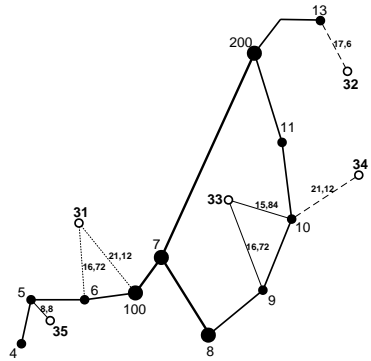
**Мета і задачі дослідження.** Метою даної роботи є дослідження і врахуванням стану високовольтних вводів.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі основні задачі:

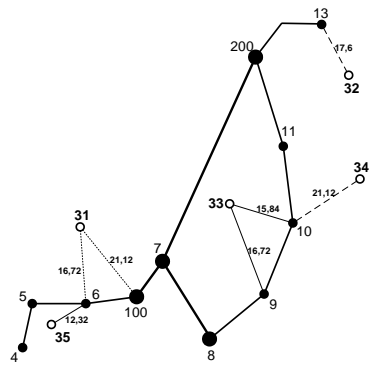
аналіз існуючої електромережі для підключення нових споживачів;  
реконструкція деяких елементів електричної мережі;  
засоби та методи діагностування стану високовольтних вводів;  
розв'язані питання забезпечення безпеки праці персоналу .

**Об'єктом дослідження** кваліфікаційної магістерської роботи є фрагмент електричних мереж.

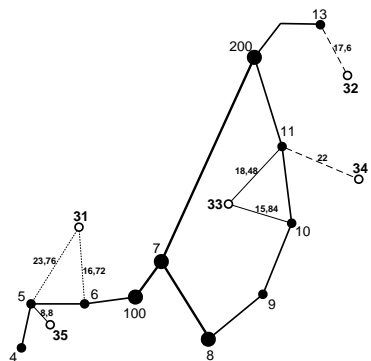
**Предметом дослідження** – методи розрахунку нормальних режимів ЕЕС та засоби діагностування стану високовольтних вводів.



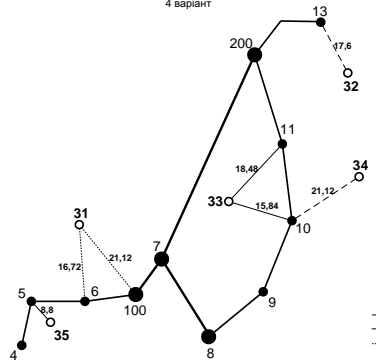
1 вариант



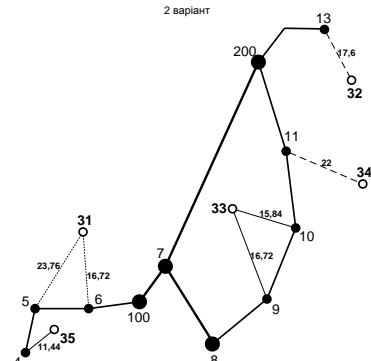
4 вариант



2 вариант



5 вариант



3 вариант

Варианти розвитку електричної мережі по роках

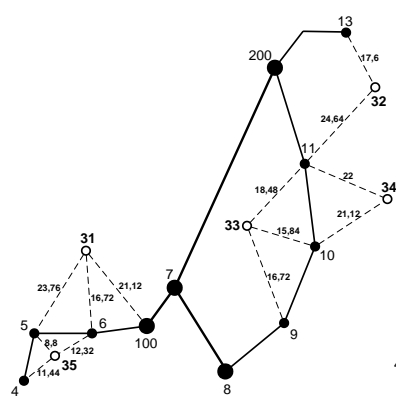
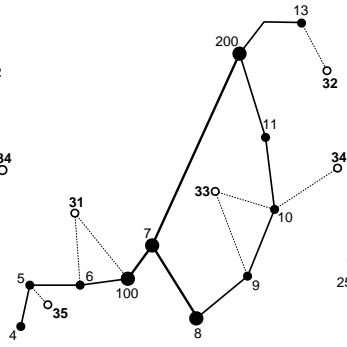
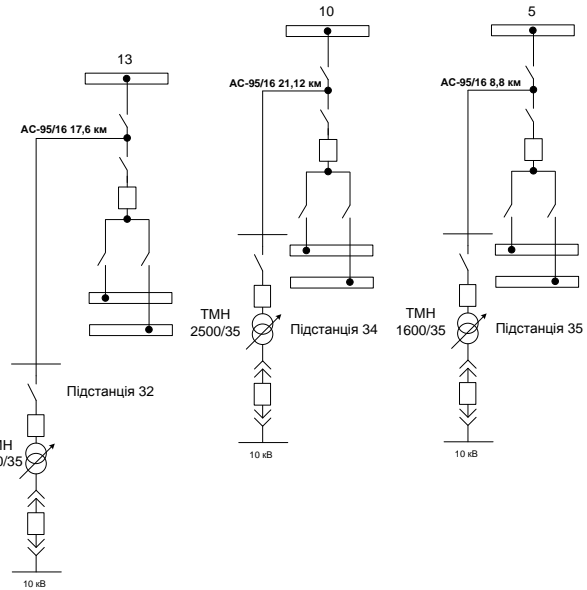
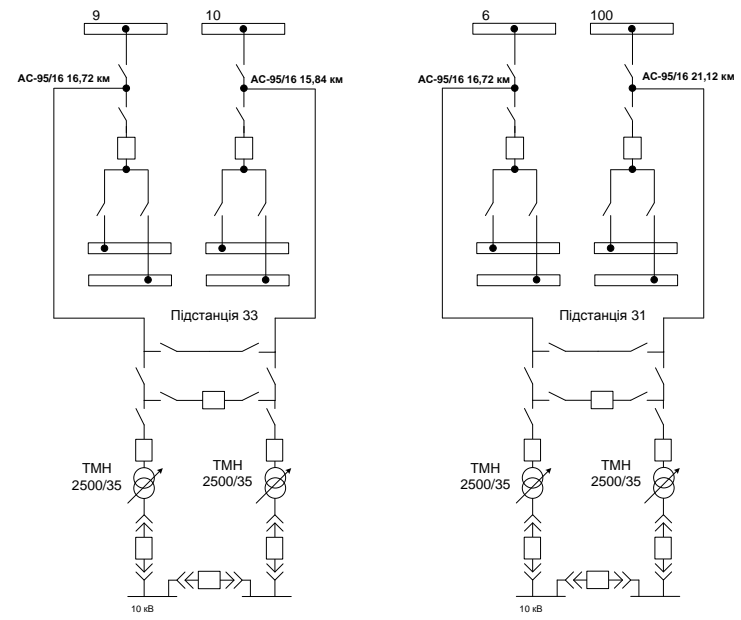


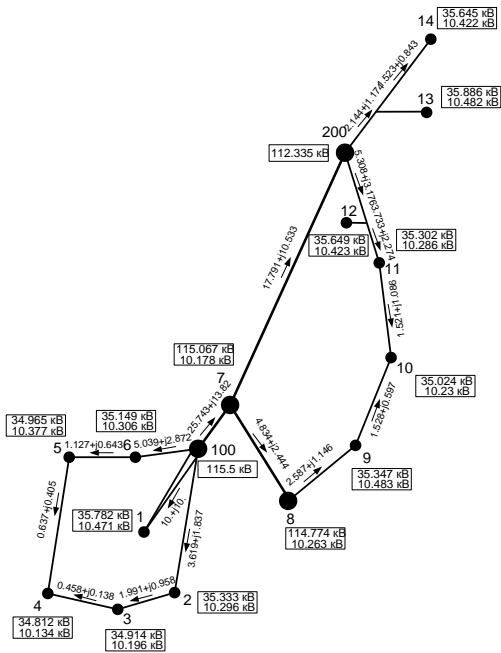
Схема максимального графа електричної мережі



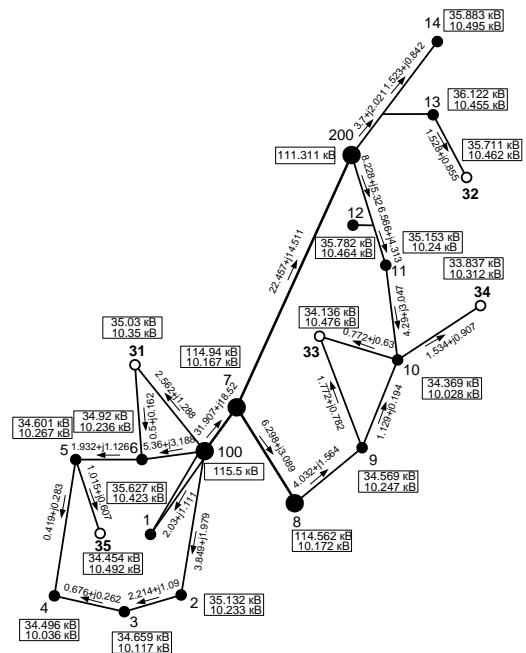
Оптимальна схема електричної мережі за методом динамічного програмування

- 1 рік
- - 2 рік
- ..... 3 рік

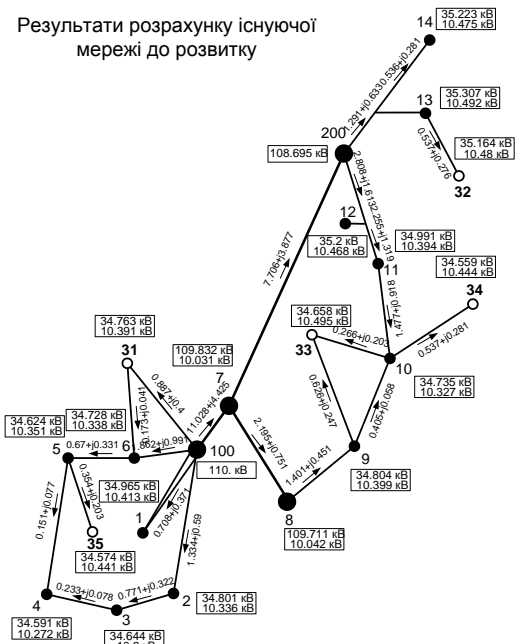




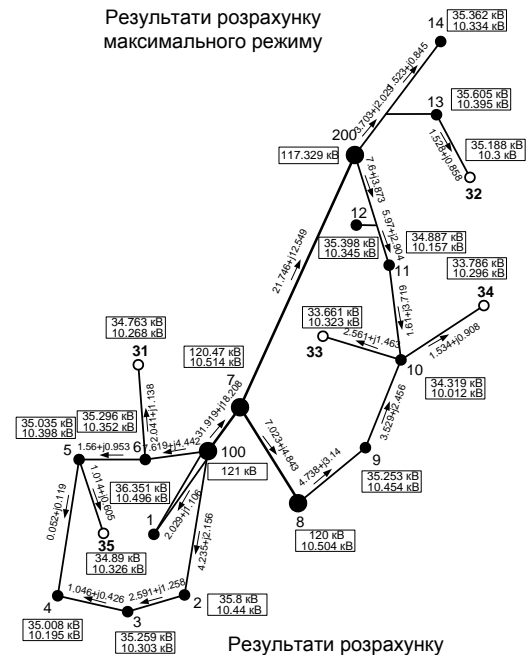
Результати розрахунку існуючої мережі до розвитку



Результати розрахунку максимального режиму



Результати розрахунку мінімального режиму



Результати розрахунку післяварійного режиму

- **Високовольтні ВВОДИ**

- Вводи – це складні прохідні ізолятори великих розмірів. Довжина самого малогабаритного вводу на напругу 66кВ складає 1415 мм, а самого великого на напругу 750 кВ – 8500 мм.



Світовою енергетичною промисловістю випускаються наступні основні типи високовольтних ввідів конденсаторного типу.

	Позначення типу ізоляції		Припустима робоча напруженість $E_{рд}$ кВ/мм
1	З паперово – масляною ізоляцією (ПМІ)	OIP	3,6 ? 4,0
2	З паперовою ізоляцією, покритою смолою	RVP	1,6 ? 2,0
3	З паперовою ізоляцією, просоченою смолою	RIP	4,0 ? 6,0
4	З газовою ізоляцією (елегаз)	SF <sub>6</sub> V	14 ? 20 ( $P_s = 0,3 ? 0,4$ МПа)

Таблиця 3.1-Застосування різних типів ізоляції по класам напруги

Клас напруги, кВ	Тип внутрішньої ізоляції	Модифікація	Основні відмінні ознаки технології
3,5 – 35	Чисто масляна Поліуретан Епоксидна з наповнювачем Лавсановий папір Слюдопласт Електроізоляційна резина		
35 – 126		Введення типу ГТЛ на $I_{ном} \leq 2000A$	Папір, покритий смолою (лакований) із застосуванням ширини паперового полотна до 2500 мм через обмежені можливості технологічного устаткування. 1. Спосіб покриття смолою однієї сторони паперу залишає непросочені пори у папері, що накладає обмеження на робочі напруженості $E_{роб} \leq 1,8-2$ кВ/мм, що приводить до «товстої» ізоляції й перевищенню нормованих значень температур ізоляції при $I_{ном} \geq 2000A$ . Можливість застосування $I_{ном} = 2000A$ залежить від можливості забезпечення достатнього перетину струмоведучого елемента зі зниженою щільністю струму. 2. Обмеження по ширині не дозволяють застосовувати на більш високі напруги.
72,5 – 245	Тверда ізоляція (RBP) конденсаторного типу	Введення типу ГТТ, ГТВ на $I_{ном} \leq 2000A$ З порцеляною покришкою З полімерною покришкою З маслопоказчиком (оглядове скло) Без маслопоказчика З використанням високов'язкої ізоляційної рідини (маслопоказчик не потрібен)	
126 – 362	Тверда ізоляція (RIP) конденсаторного типу	Введення типу ГТТ, ГТВ, ГТЛ на $I_{ном} \leq 2500A$ З порцеляною покришкою З полімерною покришкою З маслопоказчиком (оглядове скло) Без маслопоказчика (для введень 245, 362 кВ може вимагатись обов'язкова наявність приладу контролю рівня масла) З використанням високов'язкої ізоляційної рідини (маслопоказчик не потрібен)	$E_{роб} = 476$ кВ/мм, що дозволяє отримати більш компактну конструкцію введень в порівнянні з RBP. Технологія дозволяє отримати монолітну ізоляцію з повним просочуванням, що призводить до низького рівня ЧР аж до $U_{внтр}$ .

126 – 245	ПМІ	<p>Введення типу ГМТ на <math>I_{ном} = 2500 - 5000</math> А</p> <p>3 газовою подушкою 3 порцеляною покришкою 3 полімерною покришкою на склоепоксидному циліндрі</p>	<p>Попередня сушка кістяка, суха зборка. Просочування та термовакуумна обробка (ТВО) при <math>P_{зал} \approx 1-5</math> мм.рт.ст. забезпечують отримання значень електричних характеристик ізоляції (<math>tg\delta</math>, ЧР). Застосування технологічних режимів для режимів ТВО при <math>P_{зал} \approx 0,1-0,3</math> мм.рт.ст. дозволяють отримати значення <math>tg\delta</math> ізоляції не більше 0,3-0,35% та рівень ЧР – не більше 5 пК при <math>U_{роб}</math>.</p>
362 і вище	ПМІ  Газонаповнені	<p>Введення типу ГМТ на всі <math>I_{ном}</math></p> <p>3 газовою подушкою 3 порцеляною покришкою 3 полімерною покришкою на склоепоксидному циліндрі</p>	<p>Попередня сушка кістяка, суха зборка. Просочування та термовакуумна обробка (ТВО) при <math>P_{зал} \approx 0,5-1</math> мм.рт.ст. забезпечують отримання значень електричних характеристик ізоляції (<math>tg\delta</math>, ЧР), задовільняючих вимоги ГОСТ та МЕК. Режим ТВО при <math>P_{зал} \approx 0,1-0,3</math> мм.рт.ст. дозволяють отримати значення <math>tg\delta</math> ізоляції не більше 0,3-0,35% та рівень ЧР – не більше 5 пК при <math>U_{роб}</math>.</p> <p>Високі вимоги до технології підготовки поверхні електродів з метою зменшення впливу негладкості поверхні електродів</p>



Тангенс кута діелектричних втрат  $\text{tg } \delta$ , визначуваний як відношення активної складової струму витoku через ізоляцію до його реактивної складової при додатку змінної напруги, є важливою характеристикою ізоляції.

Зазвичай  $\text{tg } \delta$  виражається у відсотках:

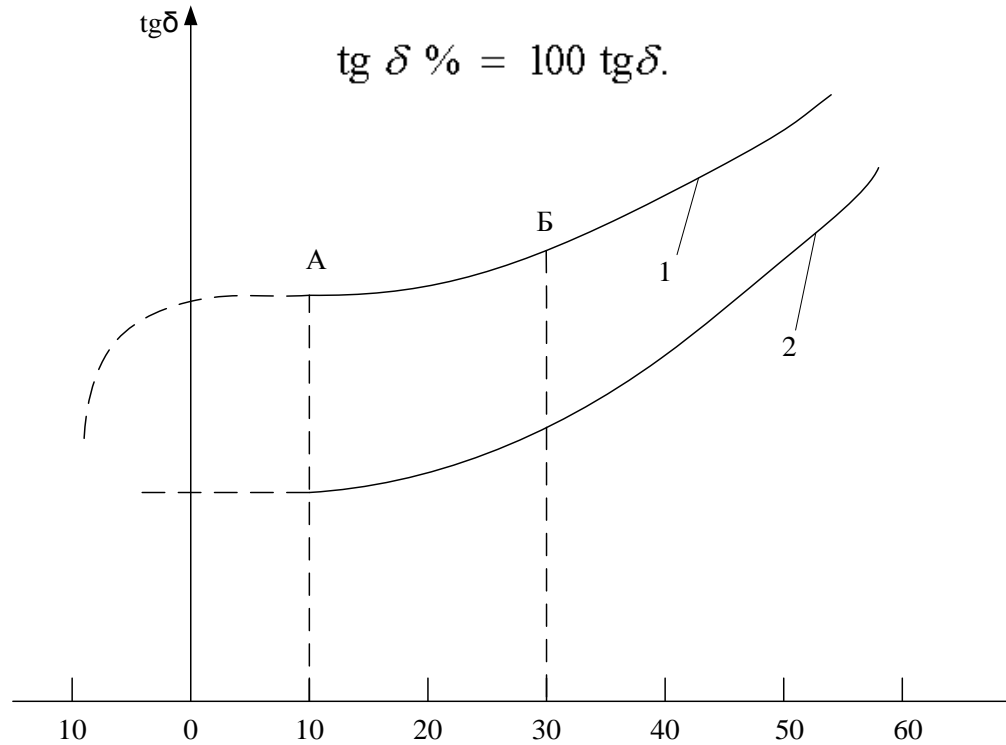


Рисунок 4.3 - Залежність  $\text{tg } \delta$  від температури

1 – зволожена ізоляція; 2 – суха ізоляція; А-Б – зона стійких вимірювань;  
пунктиром вказані зони нестійких вимірювань

Таблиця 5.2 - Основні засоби випробовувань та вимірювань

Найменування	Тип	Основні метрологічні характеристики
Хроматограф Апарат випробування масел на електричну міцність	7500 АИМ-90	90 кВ; 1,0
Регулятор напруг лабораторний	РНО-250-ІМ	0-250 кВ; 9 А
Прилад якісного визначення змісту розчиненої води в нафтопродуктах	ПВН	
Трансформатор напруги	НОМ-10	10кВ; $K_{тр}=100$ ; 1,0
Мегомметр	Ф4101 (М410015)	2500 В; 2,5%
Міст змінного струму	P5026M	кл. 0,1
Зразковий конденсатор	P5023	10кВ; 50пФ
Зразковий конденсатор	MCF 135/200	200кВ; 135пФ
Приставка до мосту P5026M	або MCF 75/350	350 кВ; 75 пФ
Пристрій для градорування	або MCF 60/600	600 кВ, 60 пФ
Нульіндикатор	ПЧР	(розробка ОРГРЭС)
Випробувальний трансформатор	Ф518	(розробка ОРГРЭС)
Випробувальний трансформатор		5 мм/мВ
Випробувальний трансформатор		200 - 600 кВ

## • ВИСНОВКИ

- Спроектowana мережа характеризується низькими втратами активної потужності – 1.943 МВт при сумарній активній потужності генерації 45.823 МВт.
- Загальні витрати на мережу складають 5453.63 тис. грн..
- Рентабельність капіталовкладень становить 18.2 %, а строк окупності – 5.49 років.
- Оптимальна схема електричної мережі вибиралась за допомогою методу динамічного програмування. На базі цього методу оптимальна схема визначається за мінімальними приведеними витратами.
- Враховуючи результати попередніх розрахунків, схему електричних з'єднань спроектованої мережі, а також можливості її подальшого розвитку, для підстанцій вузлів 31 та 33 було вибрано схему РП типу «місток», а для вузлів 32, 34, 35 було обрано схему блок (лінія – трансформатор) із вимикачем в ланцюгу трансформатора.
- В даний час ні в одного спеціаліста енергосистем не викликає сумнівів те, що вартість будь-якого сучасного обладнання, сполученого з самими сучасними комп'ютерними системами останніх поколінь і призначеного для проведення моніторингу технічного стану, мізерно мала в порівнянні з вартістю енергетичних об'єктів (трансформаторів, вимикачів, високовольтних вводів і т.д.) або втрат пов'язаних з можливими аваріями і виведенням ЕО з експлуатації. Тому постійний контроль стану високовольтних вводів визнаний економічно вигідним, тому що такий захід покликаний продовжити життя, в першу чергу трансформаторів, і попередити аварію, завчасно повідомивши оперативний персонал про можливі наслідки.