

## РОЗРОБКА ПЛАНУ ПЕРСПЕКТИВНОГО РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ 35-110 кВ ЕНЕРГОВУЗЛА

**Баженов В.А., к.т.н., доц., Значківський Б.Ю., магістрант**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем*

**Вступ.** Національні регулюючі органи країн європейського та євразійського регіонів ведуть активну роботу, спрямовану на підвищення ефективності ринків електроенергії. Оскільки більшість цих країн є учасниками європейського Договору про енергетичне співтовариство, їх оператори передавальних систем зобов'язані регулярно оцінювати довгострокову надійність виробництва електроенергії, а також відповідно до правил, встановлених Євросоюзом, складати довгострокові плани розвитку мереж по кожній окремій країні.

Планування розвитку системи передачі передбачає визначення необхідних заходів та інвестицій для забезпечення відповідності пропускної спроможності системи передачі для потреб споживачів та надійності її функціонування з дотриманням принципів та критеріїв, визначених Кодексом системи передачі.

**Мета роботи:** аналіз розробки перспективного розвитку електричних мереж енерговузла; пошук вузьких місць в мережі та способів їх вирішення.

**Матеріали і результати досліджень.** Фахівці, які планують роботу розвитку системи передачі працюють за таким алгоритмом:

1. Підготовка вхідних даних для проведення досліджень та робіт;
2. Технічний аналіз сформованих сценаріїв розвитку на основі моделювання (аналіз ustalених режимів, аналіз статичної та динамічної стійкості, аналіз коротких замикань);
3. Визначення вимог та критеріїв роботи системи передачі;
4. Формування набору можливих рішень щодо заходів з розвитку системи передачі.

Для оцінки визначених перспективних режимів використовуються типові методи аналізу і розрахунку електричних мереж і систем з метою виявлення «вузьких місць» і визначення необхідних заходів з розвитку системи передачі.

Розрахунки виконуються для вибраних режимів всіх сценаріїв розвитку перспективної мережі щонайменше для двох обраних горизонтів планування базової схеми.

Аналіз ustalених режимів виконується для перевірки надійності електропостачання шляхом дослідження впливу аварій на режими роботи мережі. Для дослідження звичайних аварій, мережа перевіряється на відповідність до критерію «N-1». Для цього проводиться почергове моделювання відключення кожного елемента базової схеми, що класифікується як звичайна аварія. Також є дослідження виняткових аварій (відмови секцій шин і відмови внаслідок спільної причини), що оцінюються для запобігання тривалого перериву електропостачання на значній території. Такого роду оцінка виконується для конкретних випадків на підставі ймовірності виникнення або на підставі важкості наслідків. Виключні аварії («N-2», незалежна відмова двох

елементів) вкрай рідко оцінюються на стадії планування. Їх наслідки мінімізуються за рахунок використання протиаварійної автоматики.

Обов'язковим розділом із переліку досліджень є аналіз коротких замикань. Розрахунок струмів короткого замикання необхідно виконати для кожної секції шин мережі. Загальними вимогами передбачається розрахунок максимальних і мінімальних трифазних і однофазних струмів короткого замикання відповідно до стандарту ДСТУ ІЕС 60909, проте з огляду на складність підготовки моделі, допускається розрахунок тільки максимальних трифазних коротких замикань. Розрахунки струмів коротких замикань виконуються для кожного сценарію розбудови мережі. Для визначення максимального початкового значення струму короткого замикання враховуються всі традиційні і відновлювані джерела, а також струм підживлення короткого замикання від суміжних мереж і мереж нижнього рівня.

Результатом розрахунків струмів коротких замикань щонайменше є таблиці значень максимальних розрахункових струмів коротких замикань і таблиці перевірки основного обладнання на стійкість до дії струмів коротких замикань (струмів термічної і електродинамічної стійкості розподільчих пристроїв та номінальної комутаційної здатності комутаційних апаратів).

Існують критерії оцінки наслідків аварій на які посилаються фахівці електроенергетичної галузі при розробці планів розвитку та оптимізації мереж. Жодна аварія не повинна призводити до каскадного відключення, що може привести до тривалих перерв електропостачання на значній області. Базовий і аварійний режими не повинні призводити ні до вичерпання запасів з реактивної потужності, ні до тривалого зниження рівнів напруги нижче мінімального рівня в мережі, які необхідні для забезпечення допустимих рівнів напруги в розподільчій мережі. Реактивна потужність генераторів і пристроїв компенсації в області не повинна перевищувати їх номінальну потужність з урахуванням діапазонів регулювання напруги під навантаженням трансформаторів. Параметри обладнання повинні бути такими, щоб витримати як початковий струм коротких замикань при подачі напруги на коротке замикання (наприклад, ударний струм), так і струмів короткого замикання в місці виникнення дуги (струм відключення). Мінімальні струми коротких замикань повинні бути розраховані, зокрема, на шинах, до яких приєднані установки вставок постійного струму з метою перевірки правильності їх роботи.

Фахівці з планування мереж, мають широкий вибір інструментів моделювання, включаючи пакети розрахунково-технічних програм PSS®E, Power Factory, NEPLAN, Power world та багато інших. Серед найпопулярніших інструментів моделювання енергетичних систем — програмні пакети PSS®E та Power Factory, рис. 1, які використовуються по всьому світу та мають широке застосування.

На основі проведених розрахунків та аналізу отриманих результатів здійснюється розробка переліку заходів та інвестицій, що необхідні для забезпечення пропускної спроможності системи передачі на потреби споживачів. Зазвичай, розроблені заходи спрямовані на забезпечення безпеки постачання електричної енергії.

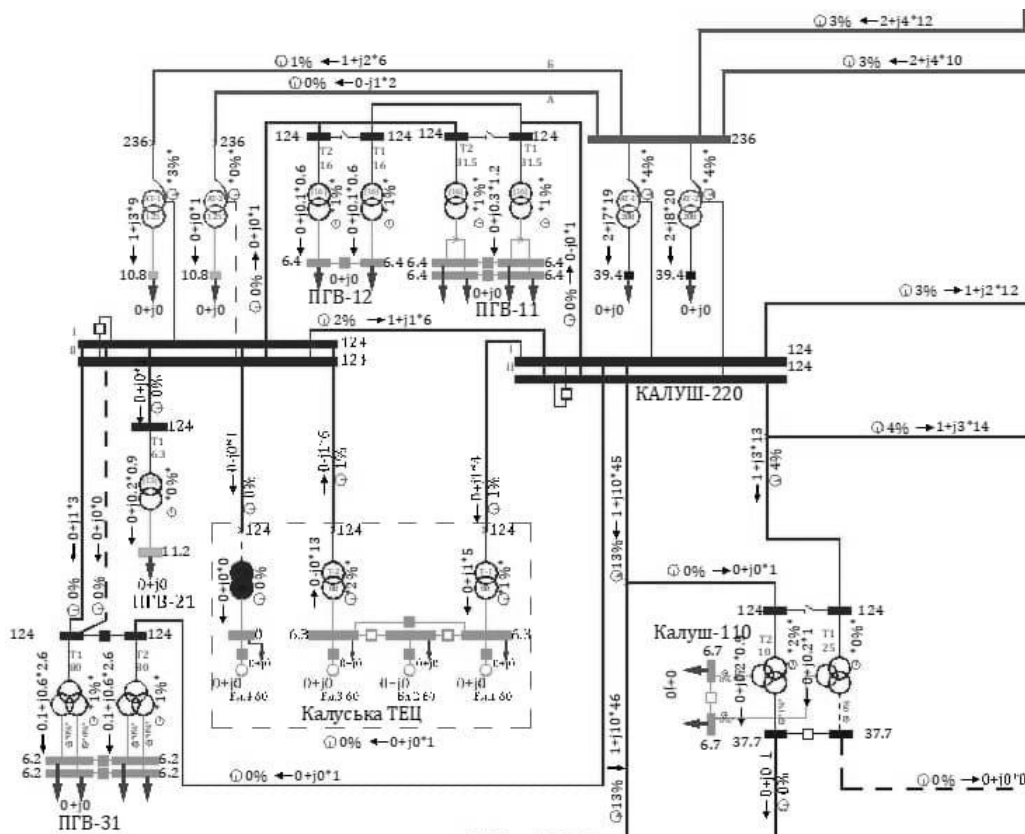


Рисунок 1 – Розрахункова модель електричної мережі

При оцінюванні проектів розвитку системи передач застосовують наступні критерії: підвищення надійності електропостачання; соціально-економічний ефект; підтримка інтеграції відновлювальних джерел енергії (ВДЕ); зменшення технологічних витрат електричної енергії; збільшення технічної стійкості експлуатаційної безпеки системи; зменшення викидів CO<sub>2</sub>.

**Висновки.** Отже, розробка планів розвитку – це спосіб виявити неприпустимі режимні аварії та один із способів оптимального розвитку енергосистеми. Комплексний розгляд отриманих результатів перспективної моделі дозволяє краще зрозуміти складну картину режимів електричної мережі в умовах експлуатації та дозволяє забезпечити надійність електропостачання електроприймачів споживачів в енергорайоні при мінімізації фінансових витрат.

#### Перелік посилань

1. Баженов В.А. Модели оптимального развития энергосистем: учеб.пособ. /В.А. Баженов. –К.:КПИ,1984. – 100с.
2. Кирик В.В. Інтелектуальні технології управління та імітаційного моделювання в складних системах, 2009, навчальний посібник с. 88-90.
3. Методологія планування розвитку системи передачі на наступні 10 років – 2018. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2019/03/Methodologiya-Planu-rozvytku-sytemy-peredachi-na-nastupni-10-rokiv.pdf>.