

Зниження енергоємності економіки, а також диверсифікація джерел і шляхів постачання енергоресурсів, нарощування вітчизняного виробництва сприятимуть підвищенню економічної, енергетичної та екологічної безпеки, що призведе до оптимізації енергетичного балансу та дозволить створити міцне підґрунтя для сталого енергетичного майбутнього України.

Список використаних джерел

1. Величини "зелених" тарифів для електроенергії, виробленої з використанням альтернативних джерел енергії [Електронний ресурс] // НКРЕКП: [офіційний веб портал]. – Режим доступу: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/taryfy_na_vidpusk-elektro.pdf
2. Дорожня карта розвитку відновлюваної енергетики України на період до 2020 року [Електронний ресурс] // Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України: [офіційний веб портал]. – Режим доступу: <http://sae.gov.ua/uk/pressroom/1133>
3. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (від 18 серпня 2017 р. № 605-р).
4. Закон України «Про ринок електричної енергії» [Електронний ресурс] // Верховна Рада України : [офіційний веб портал]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19/ed20170413#n101>

УДК 621.316

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ DIGSILENT POWER FACTORY ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НОРМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 35-110 КВ

Куриленко О. В. студент гр. ЕМ-171

Науковий керівник: Буйний Р. О., к.т.н., доцент

Національний університет «Чернігівська політехніка»

На сьогодні в Україні виникають деякі складності в розрахунках режимів роботи електричних мереж у зв'язку з швидким розвитком електроенергетичної системи та появою у ній нових елементів, зокрема вітрових, фотоелектричних та біогазових електростанцій, які є джерелами негарантованої генерації.

Раніше для розрахунку усталених режимів роботи складних розподільних та магістральних електричних мереж використовувалися вітчизняні програмні пакети КОСМОС, ГРАФСКАНЕР, Dakar, IVK-СЭС та інші, які мали певні можливості. Оскільки більшість із зазначених пакетів не були комерційними, то їх автори повністю або частково зупинили їх підтримку. В даний час для розв'язання подібних задач мають найбільші можливості програмні пакети Power Factory фірми DIgSILENT GmbH та PSS/E фірми Siemens AG.

Розрахунок режимів роботи електричних мереж займає багато часу, особливо за необхідності вибору раціонального варіанту реконструкції або модернізації існуючої мережі. Оскільки в такому випадку виникає необхідність в перерахунку всієї мережі за різних вихідних даних та деяких відмінностях у структурі. Для розв'язку подібних задач найбільш вдалим є програмний пакет Power Factory. Ця програма представляє собою інженерний інструмент, призначений для аналізу і планування режимів роботи електричних мереж і систем, причому перелік її можливостей постійно збільшується.

Програмний пакет Power Factory – є пакетом схемотехнічного моделювання, у якому електрична мережа збирається зі стандартних блоків панелі інструментів, які мають свою загальноприйнятну математичну модель [1] (див. рисунок 1).

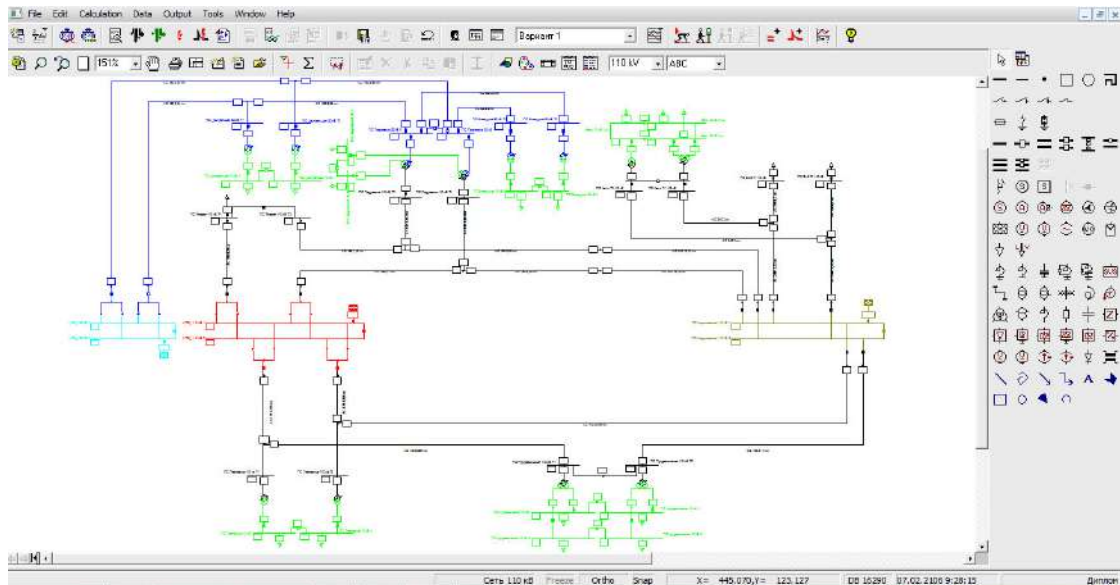


Рисунок 1 – Схема мережі 35-110 кВ міста Чернігів в Power Factory

Кожен блок має інтерфейс введення своїх вихідних параметрів [2] (див. рисунок 2).

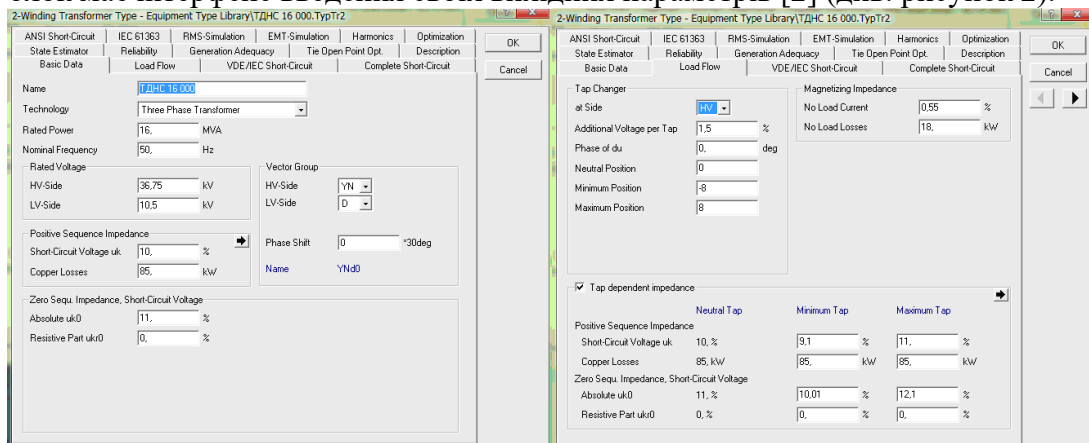


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд інтерфейсу введення параметрів блоку Winding Transformer Type

В Power Factory для представлення повітряних та кабельних ліній необхідно задати наступні основні вихідні параметри: довжину, номінальну напругу, допустимий струм за нагрівом, вид струму (постійний/змінний), частоту, кількість фаз, погонні параметри прямої, зворотної та нульової послідовностей активного та реактивного опорів та ємнісної провідності, матеріал провідника (алюміній/мідь), а для силових трансформаторів: номінальну потужність, частоту, номінальну напругу обмоток, з'єднання обмоток та їх групи, напругу короткого замикання, втрати потужності короткого замикання, напруга короткого замикання нульової послідовності, струм холостого ходу, втрати потужності холостого ходу, наявність РПН та його параметри.

Більшість вищезазначених параметрів моделей є загальноприйнятими та наводяться в довідковій літературі, наприклад в [4]. Проте деякі з них, зокрема параметри зворотної та нульової послідовності силових трансформаторів можуть бути визначені тільки експериментально заводом-виробником. Дані параметри впливають тільки на результати розрахунку несиметричних режимів роботи електричних мереж. Тому у випадку необхідності розрахунку нормального режиму роботи електричних мереж вони можуть просто не задаватися, що суттєво спрощує створення моделі електричної мережі.

На базі створеної схеми (моделі) електричної мережі програмний пакет Power Factory формує систему нелінійних рівнянь для вузлів схеми. Вузлові рівняння, що використовуються

для математичного опису стану мережі, розв'язуються з використанням загальноприйнятого алгоритму Ньютона-Рафсона, суть якого докладно описана у [3]. Методом Ньютона-Рафсона на кожному кроці ітераційного процесу вирішується лінеаризована система рівнянь:

$$\frac{\partial W}{\partial X}(X^{(i)})\Delta X^{(i+1)} = -W(X^{(i)}). \quad (1)$$

Стандартний алгоритм Ньютона-Рафсона в програмному пакеті Power Factory також може бути використаний для розв'язку системи рівняння, які описують параметри електричних мереж 330-730 кВ, які характеризуються відносно великим значенням співвідношення X / R . Слід зазначити, що метод Ньютона-Рафсона доступний тільки для розрахунку поточкорозподілу в електричній мережі змінного струму.

У випадку, коли режим нестійкий і не може бути реалізований на практиці (наприклад, коли напруга на шинах підстанцій в електричній мережі в нормальному режимі роботи буде дуже сильно просідати від занадто великого навантаження), після ряду ітерацій розв'язок системи рівнянь в Power Factory не буде сходиться і програмний пакет видасть відповідне повідомлення (див. рисунок 3).

```
DIgSI/инфо - -----
DIgSI/инфо - Расчет UP методом Ньютона-Рафсона _
DIgSI/инфо - Итерация UP: 1
DIgSI/инфо - Итерация UP: 2
DIgSI/инфо - Итерация UP: 3
DIgSI/инфо - Итерация UP: 4
DIgSI/инфо - Итерация UP: 5
DIgSI/инфо - Итерация UP: 6
DIgSI/инфо - Итерация UP: 7
DIgSI/инфо - Итерация UP: 8
DIgSI/инфо - Итерация UP: 9
DIgSI/инфо - Итерация UP: 10
DIgSI/ошибка - Метод Ньютона не сходится. Погрешность за последние 10 итераций не может быть уменьшена на 0,50.
DIgSI/ошибка - UP не сходится!
DIgSI/инфо - Расчет UP не выполнен
```

Рисунок 3 – Вікно виводу процесу розрахунку системи рівнянь усталеного режиму роботи за заданих занадто великих навантажень

Таким чином можна стверджувати, що програмний пакет Power Factory дозволяє розраховувати будь-які режими роботи електричних мереж. Проте для розрахунку нормальних симетричних режимів роботи він потребує менше вихідної інформації по параметрам елементів електричних мереж.

Список використаних джерел

1. DIgSILENT PowerFactory 2017: Руководство пользователя. – Германия, DIgSILENT GmbH, 2017. – 2160с.
2. Francisco M. Gonzalez-Longatt, José Luis Rueda. PowerFactory Applications for Power System Analysis. – Springer, 2014. – 496р.
3. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики / Под ред. В.А. Веникова – 2-е изд., перераб. и доп. – М. Высшая школа, 1981. – 288с.
4. Справочник по проектированию электроэнергетических систем /Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. М.:Энергоатомиздат, 1985. 352 с.