

МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ОЕС УКРАЇНИ

Хоменко О.В., к.т.н., доцент, Чарняк О.С., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Важливим показником сталої роботи електроенергетичної системи (далі ЕЕС) є можливість зберігати та відновлювати свої властивості після порушень нормального режиму. На даний час в Україні стоїть питання ощадного використання первинних енергоресурсів та надійного енергопостачання. Досить складно управляти поведінкою мережі, дотримуючись регламентованих параметрів. У таких умовах обійтися без моделювання неможливо, виникає потреба математично описати комплексну систему передачі електричної енергії.

Мета роботи. Формування та відлагодження моделі фрагменту електричної мережі ОЕС України 110-750 кВ. Моделювання і аналіз характерних режимів її роботи.

Матеріали та результати дослідження. Сучасні електроенергетичні системи містять велику кількість елементів зі складною структурою. Для забезпечення надійної роботи ЕЕС її проектують так, щоб відключення одного або декількох елементів не призводило до перевантажень. Особливістю електроенергетичного виробництва є одночасність вироблення і споживання електроенергії. Задля цього управління роботою енергосистеми здійснюється з єдиного диспетчерського пункту. Централізоване диспетчерське управління та підтримання балансу в ОЕС України, забезпечення паралельної роботи з ЕЕС інших держав виконує державне підприємство «НЕК «Укренерго».

ОЕС України – сукупність теплових, атомних, гідроакумулюючих і гідравлічних електростанцій, а також електростанцій з відновлювальних джерел енергії, магістральних та розподільчих електричних мереж. ОЕС виконує централізоване енергозабезпечення внутрішніх споживачів і взаємозв'язок енергосистем держав-сусідів [4].

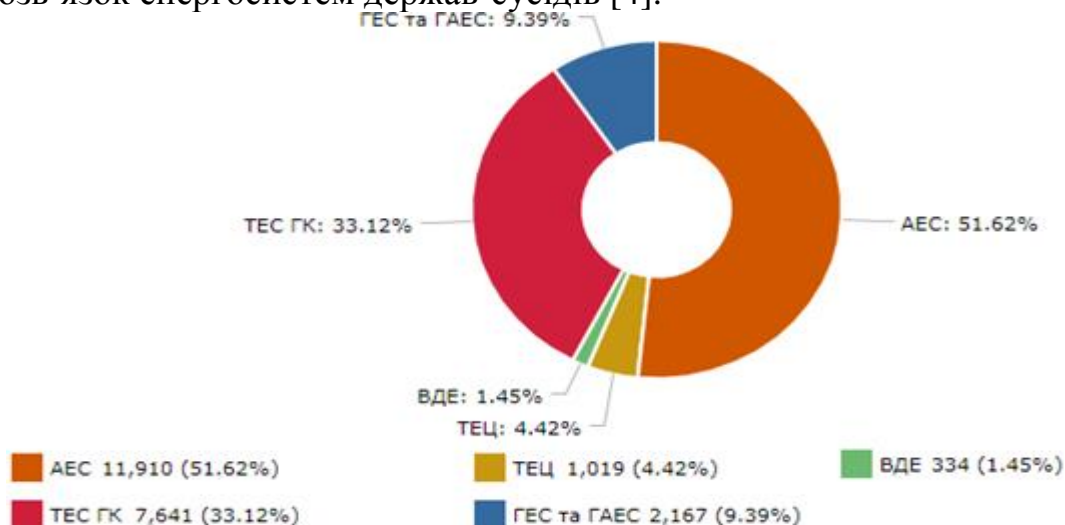


Рисунок 1 – Структура генерації ОЕС України на максимумі електроспоживання (дані за 16.11.2018 р.)

Сформовано та відлагоджено модель фрагменту електричної мережі ОЕС України в програмному забезпеченні PowerFactory. Електричні зв'язки між ОЕС України та суміжними енергосистемами здійснюються по мережах 110-750 кВ. Системоутворюючі мережі напругою 220-750 кВ включають магістральні і міждержавні електричні мережі. Трансформація потужності забезпечується за допомогою автотрансформаторів і трансформаторів напругою 750/330 кВ, 330/220 кВ, 400/330 кВ, 330/110(150) кВ, 220/110(150) кВ, 150/110 кВ. Станом на початок 2018 року на балансі ДП «НЕК «Укренерго» перебуває 133 підстанцій (ПС) напругою 220 – 750 кВ трансформаторною потужністю 78 553,1 МВА. З них ПС 220 кВ – 33 шт., 330 кВ – 88 шт., 400 кВ – 2 шт., 500 кВ – 2 шт. та 750 кВ – 8 шт. Система розподілу електричної енергії нараховує більше 1 млн. км повітряних і кабельних ліній електропередачі напругою 0,4 – 150 кВ і близько 200 тис. трансформаторних підстанцій напругою 6 – 150 кВ. Система передачі електричної енергії складають з близько 23,0 тис. км мереж з напругою 110-800 кВ., з них 4,9 тис. км – напругою 400–800 кВ, 13,4 тис. км – напругою 330 кВ, 4,0 тис. км – напругою 220 кВ і 0,7 тис. км – напругою 35–110 кВ [2].

ОЕС України поєднує сім регіональних ЕЕС: Дніпровську, Західну, Південну, Південно-Західну, Північну, Центральну та Кримську (знаходиться на території АРК, що окупована РФ). Також ОЕС України паралельно працює з електроенергетичними об'єднаннями Республіки Білорусь, Республіки Молдови, Російської Федерації (ОЕС Центра, ОЕС Півдня), окрім «острову Бурштинської електростанції», який синхронізований з ENTSO-E.

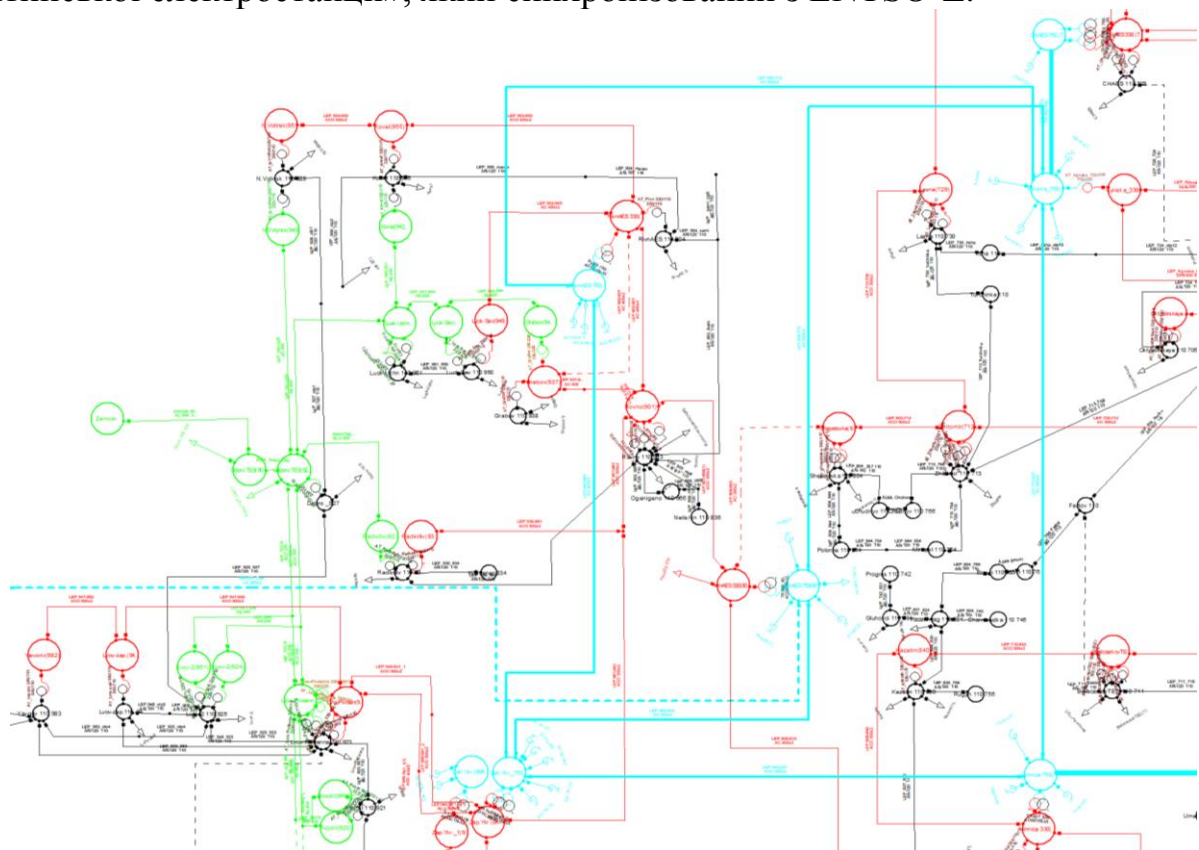


Рисунок 2 – Фрагмент ОЕС України (західна електроенергетична система)

Змодельовано та проаналізовано характерні режими роботи електричної мережі ОЕС України, які визначаються з балансу виробництва та споживання потужності, ремонтів генеруючого обладнання та електромереж; можливість усунення аварійних ситуацій через відключення генеруючого обладнання на електростанціях та ліній електропередач.

Аналіз усталеного режиму виконують для перевірки надійності електропостачання, досліджуючи вплив аварій на режими роботи мережі. Мережа перевіряється на відповідність до критерію «N-1». Проводиться почергове моделювання відключення кожного елементу, що класифікується як звичайна аварія. При моделюванні максимальні втрати навантаження або генерації не призвели до неприпустимого відхилення частоти в ОЕС України.

Аналіз коротких замикань необхідно виконати для кожної секції шин системи передачі. Загальними вимогами передбачається розрахунок максимальних і мінімальних трифазних і однофазних струмів короткого замикання. Встановлено, що обладнання витримує як початковий струм КЗ при подачі напруги на коротке замикання (наприклад, ударний струм), так і струм короткого замикання в місці виникнення дуги (струм відключення).

Аналіз статичної стійкості – перевірка режимів, які аналізуються за збереженням статичної стійкості та стійкості за напругою. Звичайні аварії при моделюванні не призвели до порушення гранично допустимих усталених відхилень напруги $\pm 10\%$ від номінальної.

Аналіз динамічної стійкості – перевірка режимів, що аналізуються за збереженням динамічної стійкості, моделюючи перехідні процеси при нормативних збуреннях. Останні проводяться для визначення умов втрати стійкості. Будь-яке трифазне коротке замикання успішно відключається і не призводить до втрати стійкості і відключення блоків генерації [2].

Висновки. Сформовано та відлагоджено розрахункову модель фрагменту електричної мережі ОЕС України. Проведено моделювання режимів роботи мережі. Зроблено аналіз та встановлено, що втрати навантаження та генерації не спричиняє неприпустимі відхилення частоти, обладнання витримує максимальні та мінімальні трифазні та однофазні струми КЗ, напруга при аваріях залишається в допустимих межах та збурення не призводять до втрати стійкості або відключення блоків генерації.

Перелік посилань

1. Правила улаштування електроустановок : 2010. – Офіц. вид. – К. : Форт: Мінпаливенерго України. 2010. – 692 с.
2. План розвитку системи передачі на 2019 – 2028 рр: 2018. – Проект: НЕК «Укренерго». 2018.- 167с.
3. Електронне джерело: <https://ua.energy/>