

ПОБУДОВА ГРАФУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ НА БАЗІ ВІДКРИТИХ ДАНИХ

Електроенергія є рушійною силою сучасної цивілізації і основою функціонування будь-якої держави. Здатність енергетичної системи країни витримувати порушення у своїй роботі та швидко відновлюватися після пошкоджень є запорукою сталого функціонування промисловості, приватного сектору та комфортного життя населення країни. Військові дії під час повномасштабного вторгнення в Україну із багаторазовим ураженням енергетичної інфраструктури країни наочно показали важливість підвищення стійкості національної енергетичної системи до таких загроз [1, 2].

Навіть враховуючи те, що високовольтні лінії будувалися із надлишковістю як по лініях передачі енергії так і по генеруючим потужностям, досвід війни показав, що необхідні додаткові заходи для зміцнення резильєнтності енергетичної системи України.

Одним із поширених напрямків вирішення проблеми резильєнтності енергетичної системи є підходи, засновані на моделюванні її електричних параметрів під дією різноманітних зовнішніх впливів. Ці підходи реалізовані у таких пакетах моделювання як PyPOWER [3] та PyPSA [4].

Але якість результатів моделювання великою мірою залежить від наявності точного та повного датасету, який описує структуру та параметри енергетичної системи. Для багатьох країн існують національні та міжнародні проекти, результатом роботи яких була побудова таких датасетів, але для України немає достатньо повного, точного та детального датасету придатного для моделювання в пакетах PyPOWER або PyPSA.

Одним із можливих джерел для побудови такого датасету можуть виступати відкриті дані проекту OpenStreetMap [5]. Це проект, який наповнюється даними із геоприв'язкою волонтерами зі всього світу відповідно до набору правил загальних для всього проекту. Перевагою застосування даних із OSM є їх відкритість, адже інформація про енергетичну систему країни зазвичай є інформацією із обмеженим доступом, а в Україні значна її частина досі знаходиться у паперовому вигляді і не доступна для дослідників. Недоліком є не повне покриття та велика кількість помилок в даних, адже вони збираються на волонтерських началах великою кількістю користувачів незалежно один від одного (децентралізовано), тому дані зазвичай можуть бути неповними та мати розбіжності в атрибутах та нанесенні на карту.

В роботі були створені набори запитів до OSM та скриптів постобробки даних які дозволяють експортувати та привести до формату, сумісного із форматом даних проекту GridKit [6] який у свою чергу містить набір скриптів трансформації даних для сумісності із вхідними даними для моделювання пакетів PyPOWER та PyPSA - таким чином, досягається сумісність отриманого датасету із сучасними пакетами моделювання енергетичних мереж.

Результатом роботи є побудова датасету, що складається із високовольтних ліній електропередач, генеруючих та трансформаторних підстанцій України починаючи з напруги 220 кВт. Датасет представляю собою зв'язаний неорієнтований граф, вершинами якого є трансформаторні або генеруючі потужності а ребрами – наявні лінії електропередач. Граф має атрибути як вершин (параметри генерації або трансформації струму) так і ребер (електричні параметри ліній електропередач) і містить достатньо даних для моделювання енергетичної системи країни на національному рівні. На рисунку 1 наведений отриманий датасет у вигляді структурної мапи. Датасет складається із 506 вершин та 1444 ребер.

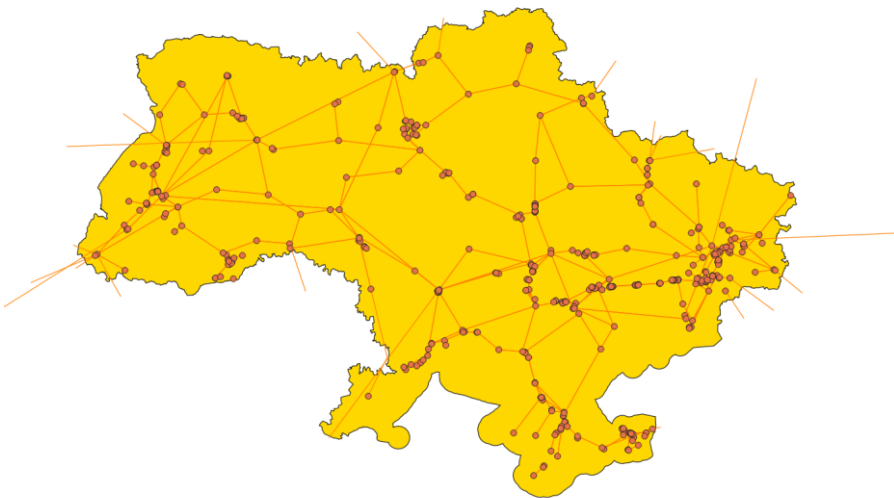


Рисунок 1 – Граф енергетичної системи України по лініях 220кВт і більше

В роботі розглянута можливість побудови датасету енергетичної системи України у вигляді зв'язаного неорієнтованого графу із додатковими атрибутами вершин та ребер на базі відкритих даних проекту OpenStreetMap. Розроблений набір запитів та скриптів постобробки даних, таких, що роблять

формат датасету сумісним із вхідним форматом пакетів моделювання електричних параметрів енергетичних мереж PyPOWER та PyPSA. Результати роботи планується використати у наступних етапах дослідження пов'язаних із моделюванням результатів впливу зовнішніх чинників, в тому числі пов'язаних із наслідками ведення бойових дій із подальшими ґрунтовними рекомендаціями щодо підвищення резильєнтності національної енергетичної мережі України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Davydiuk A. Resilience of Ukraine's critical energy infrastructure. Challenges of war time. / Davydiuk A. // Resilience assessment: Methodological challenges and applications to critical infrastructures: int. conf, 2024 – Joint Research Centre, Ispra, Italy – pp. 66-70.
2. Ukraine energy infrastructure attacks: outlook and impact during 2024–2025 cold sea-son. ACAPS Thematic Report (13 September 2024). Mode of access: <https://reliefweb.int/report/ukraine/acaps-thematic-report-ukraine-energy-infrastructure-attacks-outlook-and-impact-during-2024-2025-cold-season-13-september-2024>
3. PyPOWER Homepage. Access mode: <https://rwl.github.io/PYPOWER/>, last accessed 2024/11/24
4. PyPSA Toolkit Homepage. Mode of access: <https://github.com/PyPSA/PyPSA>, last accessed 2024/11/24
5. Wided Medjroubi. Open Data in Power Grid Modelling / Wided Medjroubi, Ulf Philipp Müller, Malte Scharf, Carsten Matke, David Kleinhans: // New Approaches Towards Transparent Grid Mod-els. – Energy Reports, 2017 – vol. 3, – pp.14–21
6. GridKit Homepage. Mode of access: <https://github.com/bdw/GridKit>