

ЗАСТОСУВАННЯ ГРАФІВ ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Івахнов А. В., Лазуренко О. П.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Світова енергетика рухається в напрямку 3D: Decarbonization – Decentralization – Digitalization. Децентралізація – це не тільки перехід до територіально розподіленої електроенергетики з великою кількістю дрібних локальних виробників і активних споживачів, але й, по своїй суті, це перехід до концепції об'єднання в енергосистему окремих енергетичних кластерів або енерговузлів за принципом «знизу-вверх». В енерговузлах за рахунок локальних джерел та акумуляторів енергії, керованих споживачів та споживачів – прос'юмерів повинен досягатися баланс активної потужності. Відповідно до значення балансу вузли поділяються на [1]: збалансований, дотаційний та надлишковий. При порушенні балансу в енерговузлі і використанні всіх внутрішніх можливостей баланс встановлюється за рахунок зв'язку між сусідніми та транзитними енерговузлами. При математичному моделюванні процесів в такій системі зручно застосовувати направлені графи, де вершини описують елементи генерації, акумуляування і споживання електроенергії або енерговузли в цілому, а ребра – зв'язки між ними (перетоки потужності) [2]. Такі графи можна використовувати при дослідженні різних режимів роботи енергосистеми (нормального, післяаварійного та перехідного), а також для перевірки роботи системи керування в такій енергосистемі. Так як перетікання потужності є величина векторна, то граф енергосистеми також є направленим та може мати різноманітні контури та підконтури відповідно до розташування і типу вузлів. Для направленої графу характерними показниками можуть бути [2]: 1) Прямокутна матриця з'єднань гілок в вузлах $M=(m_{ij})$, де i де i – номери вершин графу ($i=1, \dots, n$); j – номери ребер графу ($j=1, \dots, m$), а елементи матриці m_{ij} можуть приймати значення +1, -1 та 0, що вказує на знак та відсутність перетоку. 2) Прямокутна матриця з'єднань гілок в незалежні контури $N=(n_{ij})$, де i де i – номери незалежних контурів ($i=1, \dots, k$); j – номери гілок графу ($j=1, \dots, m$), а елементи матриці n_{ij} можуть приймати значення +1, -1 та 0, що вказують на напрям та відсутність перетоку. Матриці M та N дають змогу записати рівняння стану енергосистеми в матричній формі для моніторингу ситуації з джерелами генерації, акумуляування та споживання, а також скласти систему взаємно незалежних рівнянь для моніторингу та керування перетоків. Рішення, які необхідно приймати в системі керування: 1) моніторинг стану кожного енерговузлу; 2) за наявності надлишку або нестачі потужності приймати рішення про балансування енерговузлів з визначенням найбільш оптимальних шляхів перетоку за умови найменших втрат на передачу потужності.

Література:

1. Івахнов А.В., Лазуренко О.П., Жигайлов С.О. Логіко-математична модель децентралізованої енергосистеми з консенсусним управлінням / XXVIII міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020). Харків. Україна. 2020. Ч. II. с.119
2. Веников В. А. Электрические системы. Математические задачи электроэнергетики: Учебник для студентов вузов. Изд. 2-е. Москва: Высшая школа, 1981. 288 с.