

БІОМІМЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ
Козловський О. А., доц., канд. техн. наук, e-mail: kozlovskyioa@gmail.com
Центральноукраїнський національний технічний університет

Актуальність дослідження. Україна має розгалужену систему електромереж з повітряними лініями (ПЛ) значної протяжності, які ще до 2022 року перебували в стані істотного зносу [1, 2]. Після терористичних атак на енергетичну інфраструктуру та внаслідок бойових дій, частина цих мереж була знищена чи серйозно ушкоджена. У найближчому майбутньому перед енергетиками постане нагальна проблема відновлення електромереж. Однак, нова система повинна не лише забезпечити функціональність попередньої, а й бути позбавленою її недоліків, щоб гарантувати довговічність і стійкість до майбутніх викликів.

Одним із перспективних підходів до відбудови та вдосконалення електричної мережі є застосування біоміметичних принципів. Цей підхід, заснований на природніх процесах, дозволить створити гнучкі, самовідновлювальні та енергоефективні системи, що зможуть забезпечити стійкість і надійність нової енергетичної інфраструктури України. Таким чином, пошук нових підходів до відновлення електромереж є актуальним.

Мета дослідження – виявлення ключових біологічних процесів і механізмів, які можуть бути інтегровані в сучасні та електромережі майбутнього, забезпечуючи їх стійкість, надійність і екологічність.

Основні матеріали досліджень. Мережа нового покоління повинна відповідати сучасним викликам і забезпечувати надійність, стійкість і гнучкість в умовах можливих майбутніх загроз.

Основні фактори, які слід врахувати при побудові нової мережі:

Децентралізованість – забезпечення локальної автономності окремих частин мережі, що зменшить ризики масових відключень [2].

Інтеграція відновлювальних джерел енергії – забезпечення можливості ефективної інтеграції вітрових та сонячних електростанцій.

Гнучкість та адаптивність – здатність швидко реагувати на зміни у попиту та пропозиції енергії, особливо під час пікових навантажень чи аварійних ситуацій.

Можливість самовідновлення – мережа повинна мати здатність до швидкого відновлення після ушкоджень без необхідності значного людського втручання [2].

Енергоефективність – зниження втрат при передачі та використанні енергії за рахунок оптимізації маршрутів передачі та управління попитом.

Біоміметика вивчає та використовує принципи, стратегії та механізми живих природних систем з метою створення складних адаптивних інженерних систем. Біологічні системи, які протягом мільйонів років еволюціонували під впливом природного відбору, демонструють чудову здатність до адаптації, самоорганізації, самовідновлення та ефективного використання ресурсів, що може стати вирішальним при побудові мережі нового покоління.

Відповідність біоміметичних принципів вимогам до мережі нового покоління:

Самоорганізація – природні системи, такі як нервова система або мурашники, мають здатність до самоорганізації, що можна адаптувати для створення децентралізованих мереж. Це дозволить окремим сегментам мережі ефективно функціонувати навіть у разі часткових технологічних збоїв.

Гнучкість та адаптивність – принципи адаптивності, що спостерігаються у біологічних системах, можуть бути використані для побудови мережі, яка може автоматично коригувати свої режими роботи відповідно до поточного навантаження та змін у постачанні енергії.

Самовідновлення – використання механізмів самовідновлення, які зустрічаються у живих організмах (наприклад, регенерація клітин), може надихнути на створення систем для автоматичного відновлення пошкоджених ділянок мережі.

Розглянемо приклад використання біоміметичних принципів ліан для електричної мережі. Розгалужена структура та гнучкість. Ліани мають розгалужену та гнучку структуру, що дозволяє їм огинати та обплітати різні перешкоди, адаптуючись до навколишнього середовища. Подібним чином, розгалужена та адаптивна електрична мережа, здатна швидко перебудовуватися та відключати пошкоджені ділянки, забезпечує безперебійне постачання електроенергії, підвищуючи свою стійкість до пошкоджень та атак.

Множинні корені (децентралізація). Ліана може мати декілька розсереджених коренів, отримуючи воду та мінеральні речовини з різних місць і підвищуючи свою стійкість. Аналогічно, децентралізована система генерації та зберігання енергії, в якій електрична енергія виробляється та зберігається в різних вузлах мережі знижує залежність від централізованих джерел і підвищує надійність постачання.

Адаптивність та ріст. Ліани можуть швидко рости та змінювати напрям росту у відповідь на зовнішні впливи, наприклад, світло або опори. Аналогічно, впровадження систем, що можуть автоматично перенаправляти потоки електроенергії в залежності від навантаження та стану мережі, забезпечує гнучкість та ефективність роботи мережі.

Самовідновлення та регенерація. При пошкодженні частини ліани можуть відновлювати свій ріст і функціонування за рахунок інших частин. Реалізація в мережах з автоматичного виявлення ушкоджень з перенаправленням енергопотоків дасть змогу швидко відновлювати постачання без втручання людини.

Ефективне використання ресурсів. Ліани оптимально використовують доступні ресурси для свого росту в умовах їх обмеженості. Відповідно, оптимізація розподілу електроенергії та зменшення її втрат при передачі може бути досягнута шляхом використання інтелектуальних систем управління, розроблених на основі принципів ефективності ліан.

Запропонований підхід до побудови електромереж має наступні переваги:

- підвищену стійкість: мережа стає більш стійкою до пошкоджень та зовнішніх впливів завдяки гнучкій і розгалуженій структурі;
- зниження витрат на обслуговування: завдяки інтеграції принципів самоорганізації та самовідновлення, витрати на обслуговування та ремонт мережі можуть суттєво зменшитися;
- покращену ефективність: адаптивність і самовідновлення мережі підвищують її загальну ефективність і надійність;
- інтеграцію відновлюваних джерел: децентралізована структура сприяє більш легкій інтеграції відновлюваних джерел енергії;
- підвищення стійкості: біоміметичні принципи дозволяють створити мережі, які більш стійкі до локальних збурень та залишаються функціональними навіть за умов відмов у роботі;
- енергоефективність: природні механізми оптимізації ресурсів можуть бути використані для зниження втрат енергії та підвищення ефективності її передачі;
- стійкість до зовнішніх факторів – біоміметичні електромережі більш стійкі, до таких загроз як терористичні атаки чи природні катаклізми, що робить їх перспективним рішенням для післявоєнного відновлення електроенергетичної інфраструктури.

Висновок. Показано, що використання біоміметичних принципів має значний потенціал для створення електричних мереж нового покоління, які відповідатимуть сучасним викликам і забезпечуватимуть стабільне та ефективне енергопостачання. Інтеграція природних механізмів самоорганізації, самовідновлення та оптимізації ресурсів дозволить допомогти створити гнучкі, стійкі та ефективні системи, що стануть основою енергетичної інфраструктури України майбутнього.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. План розвитку системи передачі на 2022-2031 роки. Укренерго, 422 с.
2. Стогній Б. С., Кириленко О. В., Праховник А. В., Денисюк С.П. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні. Технічна електродинаміка, 2012. №5. С. 52-67.