

УДК 621.316.1

ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ В СИСТЕМАХ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

Козирський В.В., д.т.н.,

Гай О.В., к.т.н.,

Бодунов В.М., інженер,

Костюк В.А., інженер.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. (044) 267-85-22

Анотація – у статті розглянута проблема відновлення системи електропостачання (СЕП) з розподіленою генерацією після аварії та запропонована схема реалізації цього процесу. Наведені методи і алгоритми розв'язку основних завдань відновлення СЕП. На прикладі тестової схеми розподільної електричної мережі, що містить джерело електропостачання споживачів електричної енергії.

Ключові слова – система електропостачання, джерела розподіленої генерації, динамічні енергоострова, засоби управління, комутаційна апаратура.

Постановка проблеми. Звичайно СЕП, проектуються як замкнені, але працюють за радіальною схемою з одним (або більш) пунктом живлення від основної електричної мережі (основного пункту живлення). Одним з найбільш важливих завдань керування режимами СЕП є відновлення електропостачання споживачів після аварійного відключення основного пункту живлення [1]. Особливої актуальності ця тема набирає в останній час завдяки дуже широкому впровадженню джерел розподіленої генерації до складу розподілених мереж напруження 0,38-10 кВ.

Аналіз останніх досліджень. Відомі в цій області дослідження засновані на використанні методів теорії графів і комбінаторної математики [2-5], бази знань, формованої шляхом моделювання безлічі конфігурацій і режимів роботи розподільної мережі поза реальним часом [6 - 8], і ін. В [9] розглядається комплексний метод відновлення схеми СЕП шляхом комбінації алгоритму обробки графів і попередньо навченої штучної нейронної мережі.

При наявності розподіленої генерації аварія може привести до поділу СЕП на "острови", що включають джерела розподіленої генерації, що забезпечують електроенергією найбільш відповідальних прилеглих споживачів, при цьому процес відновлення їх живлення суттєво міняється. Аналізу різних проблем відновлення СЕП із розподіленою генерацією присвячений ряд робіт. Зокрема, в [10] розглянуті нові принципи побудови захисту й автоматики при наявності розподіленої генерації в радіальній розподільній електричній мережі при її відновленні.

Формування цілей статті. Розглянутий в рамках статті підхід відноситься до аварійних захисних схем для автоматичного відключення, що безпосередньо реагують на небажане відхилення від нормального неелектричного робочого режиму з наступним повторним підключенням або без нього, а саме до режимів роботи розподільних електричних мереж з приєднаними джерелами розподіленої генерації.

Основна частина. Один із відомих способів формування енергоострову полягає в відокремленні групи ділянок централізованої розподільної електричної мережі в автономну систему електричної мережі, що живиться від джерел розподіленої генерації, причому відокремлення відбувається при виникненні аварійної ситуації.

Недоліками відомого способу є відсутність врахування динамічного характеру зміни навантаження; додаткові затрати на мінімізацію кількості перемикань під час формування енергоостровів, оскільки сучасні автоматичні комутаційні апарати розподільних електричних мереж мають значний комутаційний ресурс.

В основу заявленого підходу поставлено задачу створення способу формування динамічного енергоострову для забезпечення мінімуму недовідпуску електроенергії споживачам.

Поставлена задача вирішується тим, що на відміну від існуючих підходів щодо формування енергетичних островів, згідно з якими енергоострів формується на повну тривалість після аварійного періоду відповідно до максимальної розрахункової потужності навантажень, запропонований енергоострів формується одночасно з ізолюванням пошкодженої внаслідок аварії ділянки, та має динамічно змінну структуру з фіксацією інтервалів часу по ділянках відокремленої системи електричної мережі протягом яких структура є сталою. При цьому джерелом електроживлення відокремленої системи електричної мережі (енергоострову) є джерела розподіленої генерації.

Суть підходу полягає в формуванні раціонального принципу функціонування розподільної мережі з джерелом розподільної генерації, при якому система автоматика внаслідок аварійного стану знеструмує мінімально можливу кількість споживачів, внаслідок інтелек-

туального перерозподілу між електричними джерелами ґрунтуючись на прогнозованих значеннях навантажень.

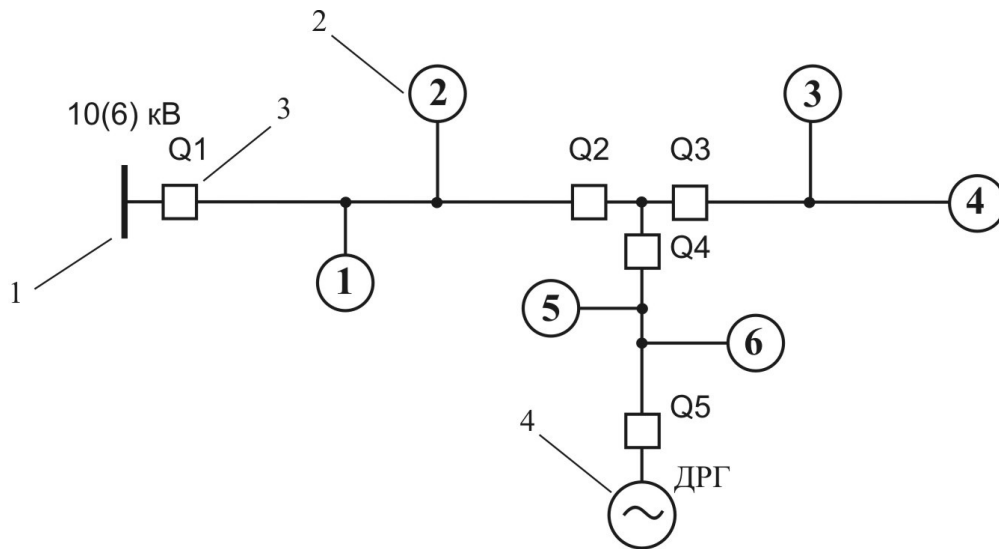


Рис. 1. Структурна схема фрагменту розподільної електричної мережі з джерелами розподіленої генерації.

Особливості запропонованого підходу пояснюється кресленнями, на яких зображено структурну схему фрагменту розподільної електричної мережі з джерелами розподіленої генерації (рис. 1), добові графіки навантаження електроспоживачів за активною потужністю (рис. 2) та алгоритм управління комутаційними апаратами в електричній мережі з джерелами розподіленої генерації (рис. 3).

Запропонований спосіб формування динамічного енергоострову полягає у наявності джерела електроживлення 1, вузлів навантаження 2, секціонуючих комутаційних апаратів 3 та джерел розподіленої генерації 4 (рис.1).

Принцип роботи динамічного енергоострову полягає в тому, що при виникненні аварії системна автоматика аналізує стан мережі за алгоритмом наведеним на рис. 3 і формує сигнали на керування переключеннями комутаційної апаратури. Ділянка, на якій відбулась аварія, відключається з обох сторін та виконується автоматичне відновлення електропостачання від загальної системи електроживлення та від ДРГ.

При відновленні електропостачання споживачів від ДРГ проводиться ретроспективний аналіз прогнозованих графіків навантаження з моменту початку аварії для ділянок, що відокремлені від енергосистеми аварійною точкою та з визначеним інтервалом дискретності приймаються експертні рішення стосовно підключення тих чи інших груп споживачів до ДРГ (рис. 2).

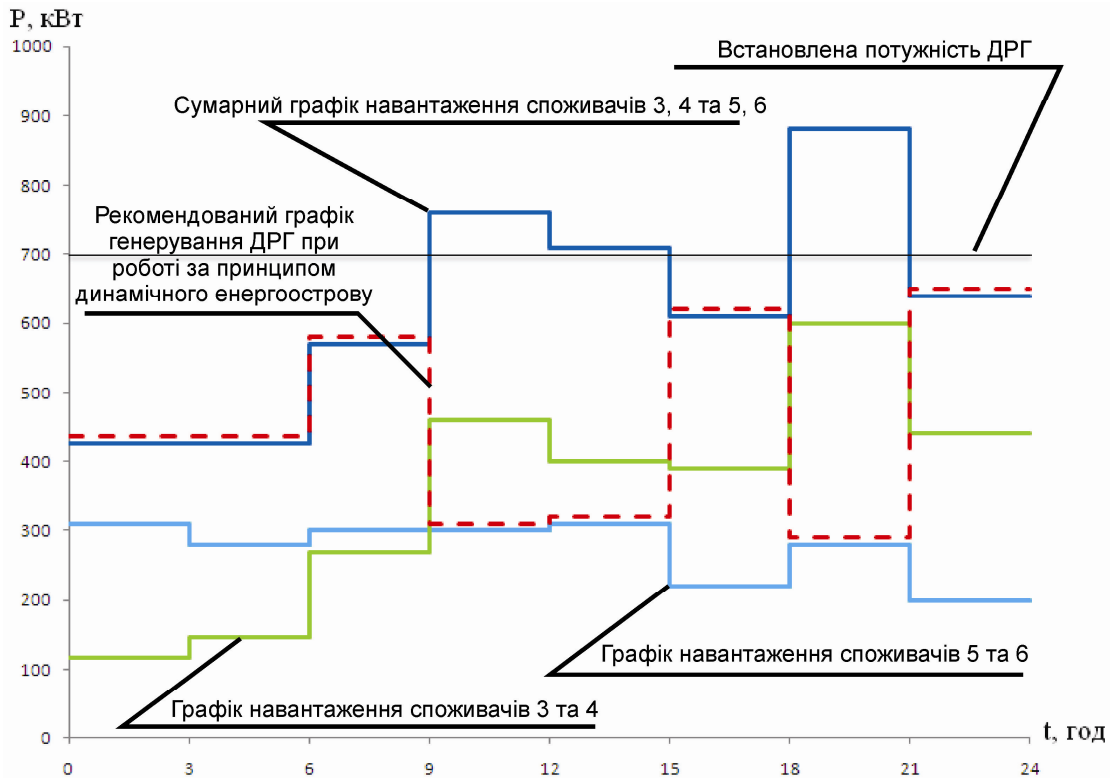


Рис. 2. Добові графіки навантаження електроспоживачів за активною потужністю.

Формування динамічного енергоострову ґрунтується на виконанні запропонованого алгоритму:

1. формується вектор вузлів навантаження, що з'єднані непошкодженими ділянками електричної мережі з джерелом розподіленої генерації (H_1, H_2, \dots, H_k) (вузли навантаження 3-6 на рис. 1);

2. проводиться прогнозування навантаження у вузлах $H_1 - H_k$ на тривалість розрахункового періоду;

3. формуються групи вузлів навантаження $j=1..J$ (потенціальні енергоострови) за умовами:

$$\begin{cases} P_{ДРГ \max} \geq \sum P_{ni} \\ Q_{ДРГ \max} \geq \sum Q_{ni} \end{cases}; \quad (1)$$

4. проводиться розрахунок прогнозованого значення відпуску енергії W_j за розрахунковий період для кожного енергоострову $j = 1..J$;

5. обирається варіант енергоострову j , що забезпечує мінімум невідпуску електроенергії;

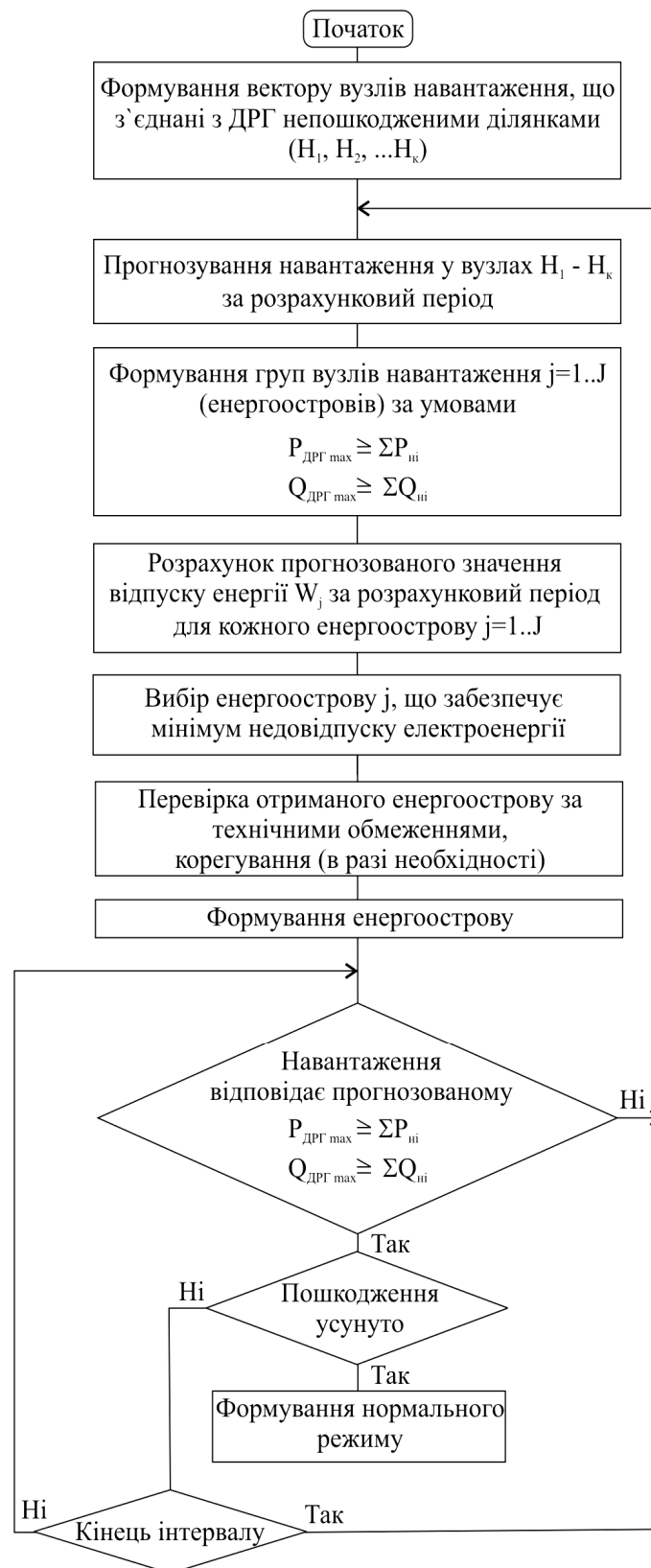


Рис. 3. Алгоритм управління комутаційними апаратами в електричній мережі з джерелами розподіленої генерації.

б. після перевірки отриманого енергоострову за технічними обмеженнями, та корегування (в разі необхідності), автоматична система формує керуючі сигнали для комутаційної апаратури з метою формування енергоострову.

Отриманий енергоострів j є незмінним протягом розрахункового інтервалу часу, якщо за цей період фактичне навантаження споживачів не перевищить допустимого та не буде відновлене живлення від енергосистеми. По завершенні розрахункового інтервалу алгоритм повторюється, починаючи з пункту 2.

Висновки. Використання даного підходу дозволить створити новий спосіб формування динамічного енергоострову для забезпечення мінімуму недовідпуску електроенергії споживачам, що дозволить підвищити ефективність використання потужності джерел розподіленої генерації та зменшити недовідпуск електроенергії споживачам.

Література

1. *Баасан Бат-Ундрал.* Методы комплексного исследования нормальных и послеаварийных режимов систем электроснабжения с распределенной генерацией / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / *Бат-Ундрал Баасан.* – Иркутск.: – 2009. – 15 с.

2. A new network reconfiguration technique for service restoration in distribution network / *N. D. R. Sarma, V. C. Prasad, Rao K. S. Prakasa, V. Sankar.* – IEEE Trans. Power Delivery, 1994, vol. 9, No. 4.

3. Real time service restoration in distribution network / *N.D.R. Sarma, V.C. Prasad, Rao K.S. Prakasa, M. Srinivas.* – IEEE Trans. Power Delivery, 1994, vol. 9, No. 4.

4. *Popovic D. A.* A multi objective algorithm for distribution network restoration. / *D.A. Popovic, R.M. Giris.* – IEEE Trans. Power Delivery, 1999, vol. 14, No. 3.

5. *Успенский М.И.* Компьютеризация управления режимами на подстанциях. / *М.И. Успенский, Т.Б. Старцева, Г.П. Шумилова.* – Сыктывкар: Изд-во КомиНЦ УрО РАН, 1996.

6. *Hsu Yuan-Yih.* Application of microcomputer-based database management system to distribution system reliability evaluation. / *Hsu Yuan-Yih, Chen Li-Ming, Chen Jian-Liang.* – IEEE Trans. Power Delivery, 1990, vol. 5, No. 1.

7. *Zhang Z.Z.* A knowledgebased approach to optimize switching in substations. / *Z.Z. Zhang, G.S. Hope, O.P. Malik.* – IEEE Trans. Power Delivery, 1990, vol. 5, No. 1.

8. *Dabbaghchi L.* An abductive expert system for interpretation of real time data. / *L. Dabbaghchi, R.J. Gurski.* – IEEE Trans. Power Delivery, 1993, vol. 8, No. 3.

9. *Успенский М.И.* Комплексный метод восстановления схемы электроснабжения потребителей распределительной сети / *М.И. Успенский, И.В. Кызродев* // Электричество. – 2002. – № 12.

10. *Taylor J.K.* Restoration of fuse-recloser coordination in distribution system with high DG penetration. / *J.K. Taylor, A.H. Osman.* – IEEE PES General Meeting, Pittsburgh, USA, 2008, July 20-24.

ФОРМИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ С ИСТОЧНИКАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Козырский В.В. Гай А.В. Бодунов В.Н., Костюк В.А.

Аннотация

В статье рассмотрена проблема восстановления системы электроснабжения (СЭП) с распределенной генерацией после аварии и предложена схема реализации этого процесса. Приведены методы и алгоритмы решения основных задач восстановления СЭП. На примере тестовой схемы распределительной электрической сети, содержащей источник электроснабжения потребителей электрической энергии.

DYNAMIC MODEL OF RECOVERY ELECTRICITY CONSUMERS IN SYSTEMS WITH DISTRIBUTED GENERATION SOURCES

V. Kozyrsky, A.Guy, V. Bodunov N, V. Kostyuk

Summary

In this paper the problem of restoration of power supply (EPS) with distributed generation after the accident and the proposed scheme of this process. The methods and algorithms for solving the basic problems restoring EPS. For example test circuit distribution mains, which contains a source of electricity consumers of electricity.