

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ СМАРТ-ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ¹

Колосок С.І.,

*к.е.н., доцент, доцент кафедри управління імені Олега Балацького,
Сумський державний університет, м. Суми, Україна,
kolosok@management.sumdu.edu.ua;*

Євдокимова А.В.,

*к.т.н., доцент, старший викладач управління імені Олега Балацького,
Сумський державний університет, м. Суми
a.yevdokymova@management.sumdu.edu.ua;*

Кучеренко П.В.,

*студентка кафедри управління імені Олега Балацького,
Сумський державний університет, м. Суми, Україна,
p.kucherenko@ms.sumdu.edu.ua;*

Водотика Д.В.,

*студентка кафедри управління імені Олега Балацького,
Сумський державний університет, м. Суми, Україна,
d.vodotyka@ms.sumdu.edu.ua*

Швидкі зміни технологій в енергетичній сфері, поява нових можливостей та енергетичних ресурсів, зміна фундаментальних поглядів на функціонування енергетичних систем – все це може бути поштовхом для трансформаційної енергетичної сфери як на макrorівні, так і на рівні окремих підприємств. Розумні технології в енергетиці є джерелом дифузії інновацій для різних сфер економічної діяльності. Проте при трансформації енергетичних мереж важливо враховувати зовнішні та внутрішні фактори, що пов'язані з адаптацією до нових технологій. Крім того, можуть існувати технологічні, економічні, соціальні або політичні обмеження, ризики, що унеможливають виконання проєктів трансформації енергетичних мереж. Відповідно метою даного дослідження стало дослідження трансформації енергетичних мереж з використанням смарт-технологій на підприємствах шляхом огляду та кластеризації публікацій у виданнях, що індексуються базою даних Scopus.

У результаті бібліометричного огляду 608 публікацій, що були присвячені питанням трансформації енергетичних мереж та опубліковані у провідних виданнях у 2017-2020 рр., були виокремлені основні тенденції у сфері енергетики. Переважна кількість проєктів трансформації енергетичних мереж була присвячена реновації існуючих електричних мереж, розбудові мікро-мереж, впровадженню систем зберігання і споживання енергії. Найбільше всього проєктів було описано у документах таких 6 тематичних сфер, як: енергетика (26,7%), інжиніринг (23,0%), науки про навколишнє середовище (11,3%), комп'ютерні науки (11,2), математика (7,1%), соціальні науки (4,1%).

Аналіз географічного розподілу авторів наукових робіт, що мали за мету дослідження трансформації енергетичних мереж показало, що найбільша кількість публікацій видана вченими з США, Китаю та Німеччини. При трансформації енергетичних мереж підприємства використовували широкий спектр рішень. Останні охоплювали віртуалізовані / хмарні архітектури, ефективне полярне кодування для фронтбайнгу, технології векторного управління постійним струмом, пасивне охолодження та інші рішення.

***Ключові слова:** трансформації енергетичних мереж, смарт-технології, відновлювані джерела енергії, бібліометричний огляд*

DOI: 10.21272/1817-9215.2021.2-22

ВСТУП

Трансформація енергетичних мереж може мати вплив на результати сталого розвитку в країні. Розумні технології в енергетиці спроможні полегшити перехід до вуглецево-нейтральної економіки, залучити активних користувачів до зваженої генерації та споживання енергії. Від інноваційної активності енергетичних підприємств багато у чому залежить економічне зростання країни. Адже забезпечення

¹ Ця робота була підтримана Міністерством освіти і науки України (науково-дослідна тема № 0119U100766 "Оптимізаційна модель розбудови розумних та безпечних енергетичних мереж: інноваційні технології екологізації підприємств та регіонів")

надійної сталою енергією у наш час є запорукою національної безпеки країн світу. Тому дослідження питань енергетичної трансформації, можливості комбінування різних енергетичних ресурсів, адаптації відновлюваних джерел енергії в існуючі енергетичні системи як ніколи актуальне. І звичайно використання смарт-технологій на підприємства енергетичного сектору потребує подальшого дослідження.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Значний доробок до аналізу питань щодо трансформації енергетичних мереж з використанням смарт-технологій внесли такі вчені, як Conci, M., Facci, A. L., Feron, S., Ghiani, E., Long, Y., Lopes, G. N., López-González, A., Luján, E., Minucci, S., Purohit, I., Wang, Z. та інші вчені оцінювали різні параметри енергомереж. Conci, M., та Schneider, J. проводили аналіз проєктів ре-девелопменту мікрорайонів при використанні розумних технологій, що передбачали поєднання технологій виробництва та розподілу енергії, гібридних теплових та електричних технологій зберігання енергії [1]. У роботі [2] оцінювалася сталість проєктів електрифікації населених пунктів, вимоги та загрози впровадження результатів проєктів. Стратегічним можливостям декарбонізації енергетичного сектору була присвячена і робота Ghiani, E., Giordano, A., Nieddu, A., Rosetti, L., та Pilo, F. [2]. Зокрема, досліджувалося планування переходу від існуючої пасивної розподільчої системи муніципалітету до розумного місцевого енергоспоживання. У цілому, питанням дослідженню трансформації енергетичних мереж присвячено досить багато праць. І в останні роки значно збільшився інтерес вчених до таких досліджень. Тому є потреба в систематизації та кластеризації таких досліджень.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою статті є дослідження трансформації енергетичних мереж з використанням смарт-технологій на підприємствах.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для даного дослідження застосовувалися методи ML кластеризації пакетів робіт, бібліометричного огляду та логічного узагальнення.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

За результатами пошукового запиту в БД Scopus було отримано 608 публікацій, що присвячені окремим питанням трансформації енергетичних мереж шляхом виконання проєктів на підприємствах з використанням смарт-технологій. Шляхом ML кластеризації пакетів робіт за проєктами були виявлені релевантні фактори впливу на реалізацію енергоефективних проєктів. Зважаючи на хмару слів (рис. 1) є зрозумілим, що переважна кількість проєктів трансформації енергетичних мереж була присвячена реновації існуючих електричних мереж, розбудові мікро-мереж, впровадженню систем зберігання і споживання енергії.

За результатами аналізу, обґрунтування реалізації енергоефективних проєктів трансформації енергетичних мереж було дотичним до різних сфер. Найбільше всього проєктів було описано у документах таких 6 тематичних сфер, як: енергетика (26,7%), інжиніринг (23,0%), науки про навколишнє середовище (11,3%), комп'ютерні науки (11,2), математика (7,1%), соціальні науки (4,1%).

Розробники досліджень входили переважно у трійки країн: США, Китай та Німеччина. Проте найбільше фінансування досліджень щодо таких проєктів велося з ЄС. У цілому, незважаючи на достатньо різну сферу виконання проєктів, є можливим виділити загальний алгоритм реалізації енергоефективних проєктів з використанням розумних технологій (рис. 2). При впровадженні проєктів щодо підключення нових джерел енергії важливо оцінити їх роботу в неконструктивних умовах (напр., складні схеми потоку та кавітації), оскільки потужність може істотно змінюватися, загрожуючи стабільності роботи мереж.

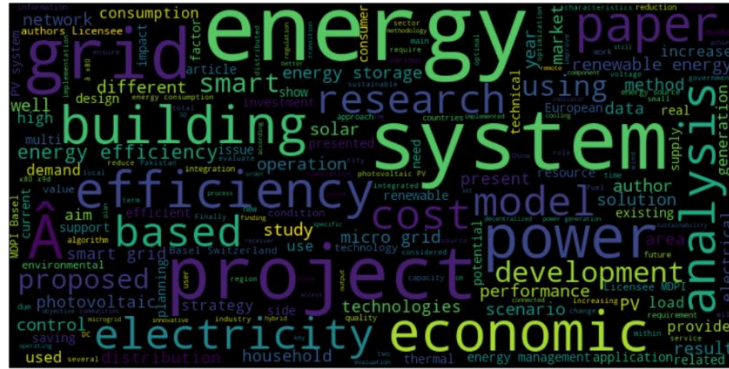


Рисунок 1 – Хмара слів анотацій документів за пошуковим запитом TITLE-ABS-KEY ("energy" AND "efficiency" AND "project" "grid") AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND PUBYEAR > 2016

Джерело даних: Scopus.com

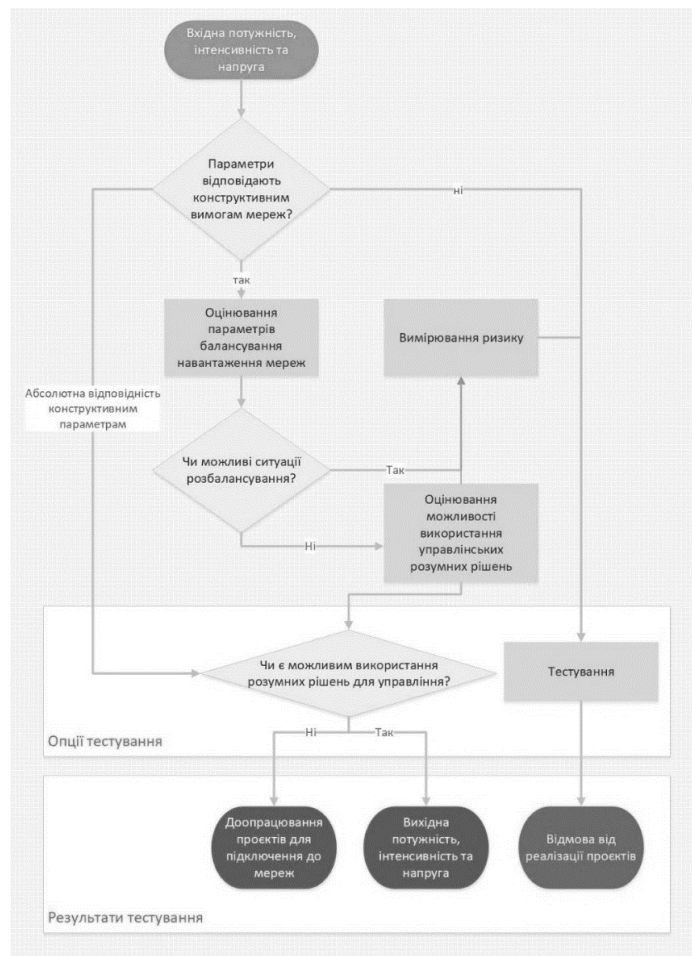


Рисунок 2 – Алгоритм реалізації енергоефективних проєктів з використанням розумних технологій при трансформації енергетичних мереж на підприємствах

У цілому для проєктів трансформації енергетичних мереж потребується визначення вихідної потужності та споживання електроенергії, вибір обладнання, опис

конструктивних особливостей системи електропостачання, проведення економічної оцінки проєкту, порівняння різних варіантів живлення, аналіз проєктних ризиків та розробка заходів щодо їх зменшення.

ВИСНОВКИ

Сьогодні трансформація енергетичних мереж для багатьох країн є безумовною необхідністю. Використання застарілих технологій чи зношеного обладнання може бути інгібітором таких перетворень. Також істотним при впровадженні нових технологій чи трансформацій є тестування можливості використання розумних рішень для управління та зменшення споживання енергії й вуглецевого сліду в різних сегментах мереж. Останні можуть охоплювати віртуалізовані / хмарні архітектури, ефективне полярне кодування для фронтабінгу, живлення мобільної мережі за рахунок відновлюваної енергії та інтеграції інтелектуальної мережі, пасивне охолодження, розумні режими сну в закритих системах, технології векторного управління постійним струмом для підвищення продуктивності та стабільності системи, підтримки систем зберігання (напр., ESS), а також для активної участі споживачів (напр., системи plug-and-play та HEMS).

SUMMARY

Kolosok S., Yevdokymova A., Kucherenko P., Vodotyka D. Research on the energy grids transformation with the smart technologies used in enterprises.

Rapid changes in energy technologies, the emergence of new opportunities and energy resources, and evolution in fundamental views on energy systems' functioning can be an impetus for the energy sector's transformation at both the macro and individual enterprise levels. Smart technologies in energy are a source of diffusion of innovations for various spheres of economic activity. However, when transforming energy networks, it is essential to take into account external and internal factors related to adaptation to new technologies. In addition, there may be technological, economic, social, or political constraints and risks that make it impossible to implement energy network transformation projects. Accordingly, this study aimed to study the transformation of energy networks using smart technologies in enterprises by reviewing and clustering publications in publications indexed by the Scopus database.

As a result of the bibliometric review of 608 publications on energy network transformation published in leading journals in 2017-2020, the main trends in the energy sector were identified. The vast majority of energy network transformation projects were devoted to the renovation of existing electricity networks, developing micro-networks, and introducing energy storage and consumption systems. Most of the projects were described in documents in 6 thematic areas: energy (26.7%), engineering (23.0%), environmental sciences (11.3%), computer science (11.2%), mathematics (7.1%), social sciences (4.1%).

Analysis of the geographical distribution of authors of scientific works studying the transformation of energy networks showed the most significant number of publications published by scientists from the United States, China, and Germany. When transforming energy networks, companies use a wide range of solutions. The latter cover virtualized / cloud architectures, efficient polar coding for fronting, DC vector control technologies, passive cooling, and other solutions to increase system performance and stability, support energy storage systems, and actively engage consumers.

Keywords: transformation of energy grids, smart technologies, renewable energy sources, bibliometric review.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Conci M., Schneider, J. A district approach to building renovation for the integral energy redevelopment of existing residential areas. *Sustainability (Switzerland)*. 2017. № 9(5). doi:10.3390/su9050747
2. Feron S., Cordero R. R. Is Peru prepared for large-scale sustainable rural electrification? *Sustainability (Switzerland)*. 2018. № 10(5) doi:10.3390/su10051683
3. Ghiani E., Giordano A., Nieddu A., Rosetti L., Pilo F. Planning of a smart local energy community: The case of berchidda municipality (Italy). *Energies*. 2019. № 12(24). doi:10.3390/en12244629
4. Le Ray G., Larsen E. M., Pinson P. Evaluating price-based demand response in practice - with application to the EcoGrid EU experiment. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2018. № 9(3). 2304-2313. doi:10.1109/TSG.2016.2610518
5. Long Y., Wang Y., Pan C. Auction mechanism of micro-grid project transfer. *Sustainability (Switzerland)*. 2017. № 9(10). doi:10.3390/su9101895
6. Lopes G. N., Campos G. P., de Vasconcellos A. B., de Carvalho E. O. P., de Carvalho Malheiro T. I. R., de Barros L. P. Analysis of yield and power quality of a micro photovoltaic generation power plant. *Renewable Energy and Power Quality Journal*. 2017. № 1(15). Pp. 602-607. doi:10.24084/repqj15.406
7. López-González A., Domenech B., Ferrer-Martí L. Lifetime, cost and fuel efficiency in diesel projects for rural electrification in Venezuela. *Energy Policy*. 2018. № 121. Pp. 152-161. doi:10.1016/j.enpol.2018.06.023

8. Luján E., Otero A., Valenzuela S., Mocskos E., Steffemel L. A., Nesmachnow S. An integrated platform for smart energy management: The CC-SEM project. *Revista Facultad De Ingenieria*. 2020. № (97). Pp. 41-55. doi:10.17533/UDEA.REDIN.20191147
9. Minucci S., Panella S., Ciattaglia S., Falvo M. C., Lampasi A. Electrical loads and power systems for the DEMO nuclear fusion project. *Energies*. 2020. № 13(9). doi:10.3390/en13092269
10. Purohit I., Purohit P. Performance assessment of grid-interactive solar photovoltaic projects under India's national solar mission. *Applied Energy*. 2018. № 222. Pp. 25-41. doi:10.1016/j.apenergy.2018.03.135
11. Wang Z., Hong T. Generating realistic building electrical load profiles through the generative adversarial network (GAN). *Energy and Buildings*. 2020. № 224. doi:10.1016/j.enbuild.2020.110299

REFERENCES

1. Conci, M., & Schneider, J. (2017). A district approach to building renovation for the integral energy redevelopment of existing residential areas. *Sustainability (Switzerland)*, 9(5) doi:10.3390/su9050747
2. Feron, S., & Cordero, R. R. (2018). Is Peru prepared for large-scale sustainable rural electrification? *Sustainability (Switzerland)*, 10(5) doi:10.3390/su10051683
3. Ghiani, E., Giordano, A., Nieddu, A., Rosetti, L., & Pilo, F. (2019). Planning of a smart local energy community: The case of berchidda municipality (italy). *Energies*, 12(24) doi:10.3390/en12244629
4. Le Ray, G., Larsen, E. M., & Pinson, P. (2018). Evaluating price-based demand response in practice - with application to the EcoGrid EU experiment. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(3), 2304-2313. doi:10.1109/TSG.2016.2610518
5. Long, Y., Wang, Y., & Pan, C. (2017). Auction mechanism of micro-grid project transfer. *Sustainability (Switzerland)*, 9(10) doi:10.3390/su9101895
6. Lopes, G. N., Campos, G. P., de Vasconcellos, A. B., de Carvalho, E. O. P., de Carvalho Malheiro, T. I. R., & de Barros, L. P. (2017). Analysis of yield and power quality of a micro photovoltaic generation power plant. *Renewable Energy and Power Quality Journal*, 1(15), 602-607. doi:10.24084/repqj15.406
7. López-González, A., Domenech, B., & Ferrer-Martí, L. (2018). Lifetime, cost and fuel efficiency in diesel projects for rural electrification in Venezuela. *Energy Policy*, 121, 152-161. doi:10.1016/j.enpol.2018.06.023
8. Luján, E., Otero, A., Valenzuela, S., Mocskos, E., Steffemel, L. A., & Nesmachnow, S. (2020). An integrated platform for smart energy management: The CC-SEM project. *Revista Facultad De Ingenieria*, (97), 41-55. doi:10.17533/UDEA.REDIN.20191147
9. Minucci, S., Panella, S., Ciattaglia, S., Falvo, M. C., & Lampasi, A. (2020). Electrical loads and power systems for the DEMO nuclear fusion project. *Energies*, 13(9) doi:10.3390/en13092269
10. Purohit, I., & Purohit, P. (2018). Performance assessment of grid-interactive solar photovoltaic projects under India's national solar mission. *Applied Energy*, 222, 25-41. doi:10.1016/j.apenergy.2018.03.135
11. Wang, Z., & Hong, T. (2020). Generating realistic building electrical load profiles through the generative adversarial network (GAN). *Energy and Buildings*, 224 doi:10.1016/j.enbuild.2020.110299