

INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR ORGANIZATION GROWING, GATHERING AND TRANSFORMATION OF ENERGY CROPS IN BIOMETHANE

S. Shvorov, D. Komarchuk, P. Ohrimenko, D. Chyrchenko

The proposed structure of the knowledge base of intellectual support systems and decision-making on the organization of cultivation, harvesting and processing of biomass into biomethane, the basic task of optimal planning of sowing, harvesting and conversion into biogas energy crops and other organic waste.

Keywords: *intelligent system of support and decision-making, organic materials, biogas, energy crops, biomethane*

УДК 621.316.1

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ ГРАФІВ ПРИ ВИРІШЕННІ ПИТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Г.Б. Іноземцев, доктор технічних наук

О.В. Гай, кандидат технічних наук

С.О. Діденко, студент

e-mail: gaalx@ukr.net

Проведено обґрунтування доцільності застосування теорії графів для вирішення питання енергозбереження в системі електропостачання. Наведено приклади та поставлено завдання подальших досліджень.

Ключові слова: *енергозбереження, система електропостачання, теорія графів*

Актуальність впровадження енергозберігаючих технологій в Україні обумовлена, у першу чергу, істотною залежністю економіки від імпорту паливно-енергетичних ресурсів. Це суттєво гальмує процес становлення України як економічно незалежної держави.

Нині більшість промислового обладнання й технологій, використовуваних в Україні, є застарілими і споживають більшу кількість енергії в порівнянні із сучасними аналогами. Це призводить до неефективного використання енергоресурсів. Україна задовольняє свої потреби в природних енергоресурсах за рахунок власного видобутку приблизно на 45 %. У більшості країн світу рівень енергетичної самозабезпеченості такий самий або навіть нижчий. При цьому Україна – одна із країн світу, де рівень енерговитрат надзвичайно високий. Її частка

у світовому споживанні енергії - 1,9 %, у той час як населення становить менш 1 % населення Землі. З погляду енергетики, неефективність виробництва викликано двома основними причинами: незбалансованою структурою енергоспоживання й нераціональним використанням енергії у всіх галузях економіки.

Мета досліджень – вирішення питання енергозбереження в електричній мережі, що буде здійснюватися оптимізацією структури електричної мережі в системі електропостачання, а саме – мінімізацією відстаней електричної мережі в системі електропостачання з використанням теорії графів.

Матеріали та методика досліджень. *Застосування теорії графів для оптимізації структури електричної мережі.* Наочно теорію графів можна уявити як геометричну конфігурацію, яка складається з точок (вершин), сполучених лініями (ребрами). У строгому визначенні графом називається сукупність двох множин – множини точок або вершин v_1, v_2, \dots, v_n і безлічі ліній або ребер e_1, e_2, \dots, e_m , що з'єднують між собою всі або частину цих точок.

Визначення графа є настільки загальним, що цим терміном можна описувати безліч подій та об'єктів повсякденного життя. Можна сказати, що теорія графів є, по суті, мовою сучасної дискретної математики.

Розглянемо можливість використання теорії графів для вирішення питання оптимізації електричної мережі. На рис. 1 показана розрахункова схема мережі електропостачання. Пронумеровані вершини 1, 2, ..., 10 символізують собою місця споживання електричної енергії (споживачів), а вершина 11 є трансформаторною підстанцією. В табл. 1 наведено координати вершин і вказана споживана потужність кожної вершини, а в табл. 2 – довжини ребер. Загальна протяжність мережі становить 42,52 км.

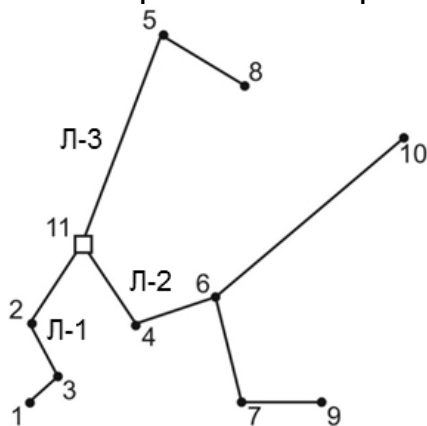


Рис. 1. Схема мережі електропостачання:

- – місця споживання електричної енергії (споживачі); □ – трансформаторна підстанція

Результати досліджень. Розв'яжемо задану схему електропостачання, щоб дізнатися скільки становлять втрати електричної енергії до її оптимізації.

Розрахувавши електричну мережу загальноприйнятим методом, отримали, що потужність підстанції становить 8093,676 кВА, при цьому

загальні втрати потужності $\Delta S = 681,810$ кВА, що складає 8,424 % від усієї споживаної потужності.

1. Координати споживачів (вершин) і їх потужність

Споживачі (вершини) v_i	Координати споживачів (вершин): $x_i; y_i$	Споживана потужність		
		P_i , кВт	Q_i , квар	S_i , кВА
1	2;2	750	464,80	882,35
2	2;5	1000	619,74	1176,47
3	3;3	500	309,88	588,24
4	6;5	250	154,94	294,12
5	7;16	630	390,45	741,18
6	9;6	700	433,82	823,53
7	10;2	800	495,80	941,18
8	10;14	1000	619,74	1176,47
9	13;2	430	266,49	505,88
10	16;12	500	309,88	588,24

2. Довжини ділянок (ребер) в електричній мережі

Ділянки (ребра) $v_i; v_j$	Довжина ділянок (ребер) d_{ij} , км	Ділянки (ребра) $v_i; v_j$	Довжина ділянок (ребер) d_{ij} , км
11; 2	3,61	11; 4	3,61
2; 3	2,24	4; 6	3,16
3; 1	1,41	6; 10	9,22
11; 5	8,54	6; 7	4,12
5; 8	3,61	7; 9	3,00

Розв'яжемо задану розрахункову схему електропостачання, що зображена на рис. 1 за допомогою теорії графів.

Розрахунок розпочнемо з побудови найкоротшої електричної мережі. Для побудови електричної мережі використаємо алгоритм Краскала. Він будує лінію найкоротшої протяжності, додаючи до неї по одній ділянці, при цьому відбувається знаходження відгалуження, яке з'єднує дві ділянки в схемі, утвореної зростаючими відгалуженнями найкоротшої мережі. Побудова починається із складання нової структури електричної мережі з l ділянок (кожна складається з одного споживача), а потім виконується операція об'єднання двох ділянок (найкоротших відгалужень), поки не залишиться єдина мережа – електрична мережа найкоротшої протяжності (рис. 2).

Довжини ребер побудованої мережі наведено в табл.3.

Після побудови розрахункової схеми електропостачання в єдину мережу з найменшою протяжністю ліній, приступимо до визначення розміщення трансформаторної підстанції.

Для кожної вершини $v_i \in V$ визначимо число:

$$c(v_i) = \sum_{v_j \in V} P_j d(v_i, v_j), \quad (1)$$

яке назвемо передавальним, і завдання про знаходження центра графа полягатиме в пошуку найменшого числа серед усіх передавальних чисел:

$$\text{MIN}_{v_i \in V} c(v_i) = \text{MIN}_{v_i \in V} \sum_{v_j \in V} P_j d(v_i, v_j). \quad (2)$$

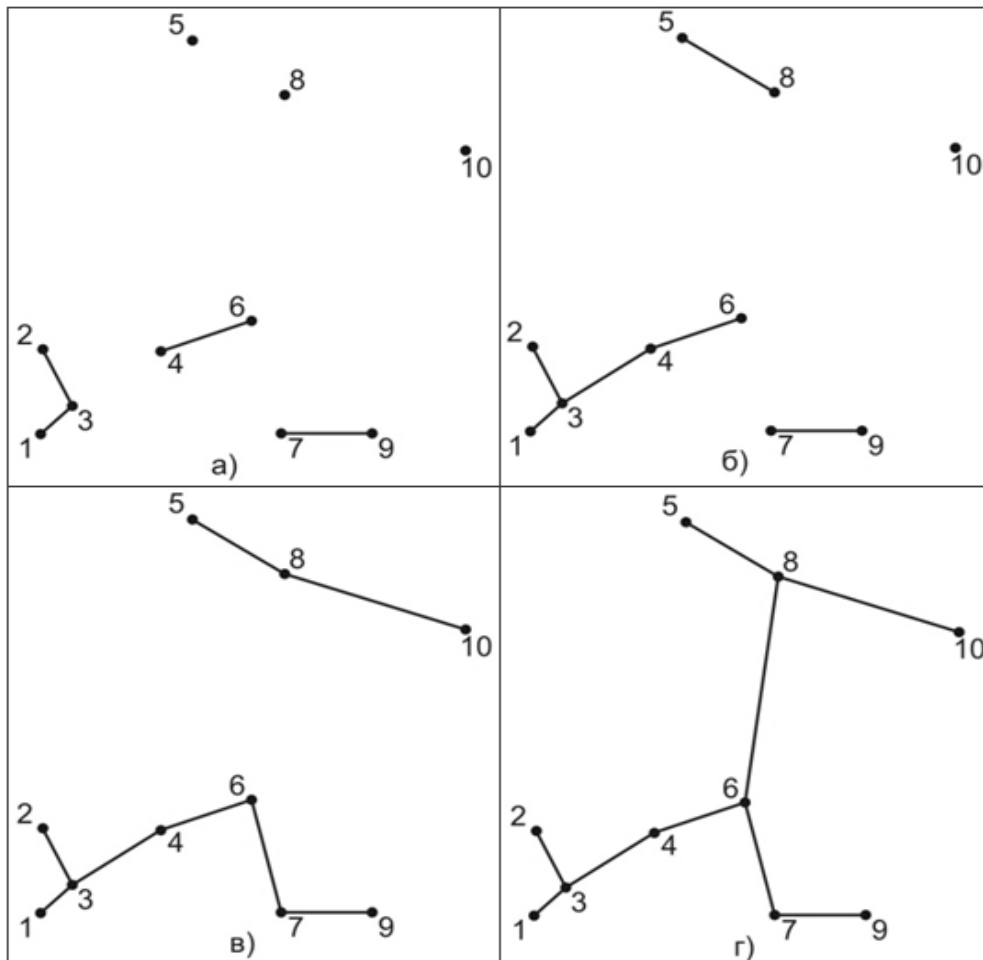


Рис.2. Результати зв'язування електроспоживачів

3. Довжини ділянок (ребер) найкоротшої електричної мережі

Ділянки (ребра) v_i, v_j	Довжина ділянок (ребер) d_{ij} , км
6; 4	3,16
4; 3	3,61
3; 1	1,41
3; 2	2,24
6; 8	8,06
8; 5	3,61
8; 10	6,32
6; 7	4,12
7; 9	3,00

Це і є мінімумне завдання щодо розміщення пункту обслуговування, який повинен бути на мінімальній відстані до всіх інших вершин графа.

Вершину v_u , в якій цей мінімум досягається, назовемо центром графа:

$$c(v_u) = \underset{v_i \in V}{\text{MIN}} c(v_i) = \underset{v_i \in V}{\text{MIN}} \sum_{v_j \in V} P_j d(v_i, v_j). \quad (3)$$

Для вершини v_6 передавальне число:

$$c(v_6) = 882,35(3,16+3,61+1,41)+1176,47(3,16+3,61+2,24)+588,24(3,16+3,61)+294,12 \cdot 3,16+941,18 \cdot 4,12+505,88(4,12+3)+1176,47 \cdot 8,06+588,24(6,71+3,61)+741,18(6,71+6,32) = 56799,76.$$

Для вершин v_4 , v_7 і v_8 , суміжних з вершиною v_6 , передавальні числа відповідно рівні: 62599,31; 76672,7; 78609,2.

Отже, ми маємо центральний граф з вершиною v_6 , оскільки в цій точці найменше значення із розглянутих.

Таким чином, підстанцію слід розмістити в межах місцевості споживання, зазначеної вершиною v_6 з координатами $x_6 = 9$, $y_6 = 6$ (рис. 3).

При цьому загальна протяжність мережі становить 35,53 км.

Маючи схему електропостачання і знаючи точку розміщення трансформаторної підстанції, приступимо до визначення втрат електричної енергії.

Для знаходження втрат активної $\Delta p(v_i, v_j)$ та реактивної $\Delta q(v_i, v_j)$ потужності, скористуємося формулами:

$$\Delta p(v_i, v_j) = \frac{p^2(v_i, v_j) + q^2(v_i, v_j)}{u^2} r d(v_i, v_j);$$

$$\Delta q(v_i, v_j) = \frac{p^2(v_i, v_j) + q^2(v_i, v_j)}{u^2} x d(v_i, v_j), \quad (4)$$

де $p(v_i, v_j)$ і $q(v_i, v_j)$ – активний і реактивний потік потужності на дузі; u – напруга мережі (10 кВ); r і x – активний і реактивний опір (було прийнято рівним 0,244 Ом/км і 0,4 Ом/км, відповідно); d - довжина ділянки (v_i, v_j) , км.

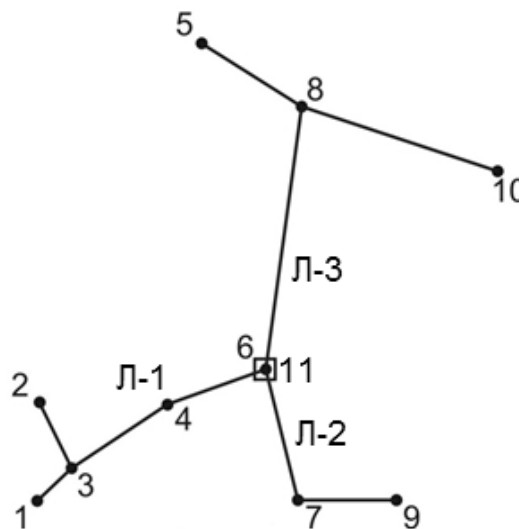


Рис. 3. Розміщення трансформаторної підстанції в центрі графа

Користуючись формулою (4), отримаємо такі результати.

Розрахунок першої лінії (Л-1):

$$\Delta p_{(3,1)} = 2,678 \text{ кВт}; j\Delta q_{(3,1)} = j4,391 \text{ квар}; \Delta p_{(3,2)} = 7,565 \text{ кВт}; j\Delta q_{(3,2)} = j12,401 \text{ квар}; s_{\text{дін.4-3}} = s_1 + s_2 + s_3 + \Delta p_{(3,1)} + j\Delta q_{(3,1)} + \Delta p_{(3,2)} + j\Delta q_{(3,2)} = 2657,303 + j16,792 \text{ кВА}; \Delta p_{(4,3)} = 62,201 \text{ кВт}; j\Delta q_{(4,3)} = j101,969 \text{ квар}; s_{\text{дін.11-4}} = \Delta s_{\text{дін.4-3}} + s_4 + \Delta p_{(4,3)} + j\Delta q_{(4,3)} = 3013,624 + j118,761 \text{ кВА}; \Delta p_{(11,4)} = 70,134 \text{ кВт}; j\Delta q_{(11,4)} = j114,974 \text{ квар}; s_{11(1)} = \Delta s_{\text{дін.11-4}} + \Delta p_{(11,4)} + j\Delta q_{(11,4)} = 3083,758 + j233,735 \text{ кВА}.$$

Розрахунок другої лінії (Л-2):

$$\Delta p_{(7,9)} = 1,873 \text{ кВт}; j\Delta q_{(7,9)} = j3,071 \text{ квар}; s_{\text{дін.11-7}} = s_7 + s_9 + \Delta p_{(7,9)} + j\Delta q_{(7,9)} = 1448,933 + j3,071 \text{ кВА}; \Delta p_{(11,7)} = 21,105 \text{ кВт}; j\Delta q_{(11,7)} = j34,598 \text{ квар}; s_{11(2)} = \Delta s_{\text{дін.11-7}} + \Delta p_{(11,7)} + j\Delta q_{(11,7)} = 1470,038 + j37,669 \text{ кВА}.$$

Розрахунок третьої лінії (Л-3):

$$\Delta p_{(8,5)} = 4,839 \text{ кВт}; j\Delta q_{(8,5)} = j7,933 \text{ квар}; \Delta p_{(8,10)} = 5,336 \text{ кВт}; j\Delta q_{(8,10)} = j8,748 \text{ квар}; s_{\text{дін.11-8}} = s_5 + s_8 + s_{10} + \Delta p_{(8,5)} + j\Delta q_{(8,5)} + \Delta p_{(8,10)} + j\Delta q_{(8,10)} = 2516,065 + j16,680 \text{ кВА}; \Delta p_{(11,8)} = 124,505 \text{ кВт}; j\Delta q_{(11,8)} = j204,107 \text{ квар}; s_{11(3)} = \Delta s_{\text{дін.11-8}} + \Delta p_{(11,8)} + j\Delta q_{(11,8)} = 2640,570 + j220,79 \text{ кВА}.$$

У такому випадку потужність підстанції становитиме 8032,990 кВА, при цьому загальні втрати потужності $-\Delta s = 576,537$ кВА, що складає 7,177 % від усієї споживаної потужності. Проведемо порівняння розрахунків, які наведено в табл. 4.

4. Порівняння розрахунків втрат потужності в електричній мережі

Втрати потужності ΔS , кВА (ΔS , %)		
До оптимізації	Після оптимізації	Різниця
681,810 (8,424)	576,537 (7,177)	105,273 (1,247)

Висновки

Для вирішення питання щодо енергозбереження було застосовано теорію графів для раціоналізації структури системи електропостачання при незмінному складі, місця розташування і величин встановленої потужності споживачів. Базуючись на теоретико-практичному пошуку найкоротших остовів графа з метою зменшення електроенергетичних втрат в електричній системі, було скорочено довжину ліній електропередачі на 6,99 км, тобто на 16,44 %. При цьому, втрати потужності в системі зменшилися на 105,273 кВА (на 15,44 %), що обумовило збільшення енергозбереження системи.

Список літератури

1. Асанов М.О. Дискретная математика: графы, матроиды, алгоритмы / Асанов М.О., Баранский В.А., Расин В.В. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001 – 288 с.
2. Гладких О.Б. Основные понятия теории графов: учеб. пособие / О.Б. Гладких, О. Н. Белых. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2008. – 175 с.
3. Гнучий Ю.Б. Применение теории графов для расчетов систем электроснабжения. Краткий остов графа. Сеть с наименьшей протяженностью линий электропередачи / В.В. Козырский, Ю.Б. Гнучий, А.В. Гай // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2013. – Вип. 184, ч.1 – С. 11–19.

4. Лыкин А. В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электрических сетях: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2013. – 115 с.

5. Гай О.В. Підхід із визначення показників надійності системи електропостачання з використанням методу імітаційного моделювання / О.В. Гай, С.В. Стахнюк // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 194, ч.3. – С. 249–258.

6. Козирський В.В. Методи та моделі розрахунку надійності систем електропостачання: монографія / В.В. Козирський, О.В. Гай. – К.: Гнозис, 2013. – 563 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ГРАФОВ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Г.Б. Иноземцев, А.В. Гай, С.А. Диденко

Проведено обоснование целесообразности применения теории графов для решения вопроса энергосбережения в системе электро-снабжения. Приведены примеры и поставлена задача дальнейших исследований.

Ключевые слова: энергосбережение, система электро-снабжения, теория графов

APPLICATION OF GRAPH THEORY IN QUESTION ENERGY SAVING SOLUTIONS

G. Inozemtsev, A. Gai, S. Didenko

A rationale for the use of graph theory in addressing the issue of energy saving in the power supply system. Examples task and further research.

Keywords: energy saving, system power, graph theory

УДК 631.563

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОДИОДОВ В СВЕТОКУЛЬТУРЕ ТЕПЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ

*Л.С. Червинский, доктор технических наук
Л.А. Сторожук, кандидат исторических наук
Я.М Луцак, аспирант*
e-mail: lchervinsky@gmail.com*

Приведены обобщенные результаты по режимам и спектральному составу оптического излучения для различных тепличных растений.

* Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Л.С. Червинский

© Л.С. Червинский, Л.А. Сторожук, Я.М Луцак, 2015