

DOI 10.36074/logos-28.11.2025.028

КОМПЛЕКС ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ТА МУНІЦИПАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Стасів Андрій Зеновійович¹, Судомир Валентин Петрович²,
Миколишин Владислав Васильович³, Сисак Іван Михайлович⁴,
Буняк Олег Андронікович⁵

1. здобувач факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, УКРАЇНА
ORCID ID: 0009-0005-2966-5529

2. здобувач факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, УКРАЇНА
ORCID ID: 0009-0007-1173-9272

3. здобувач факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, УКРАЇНА
ORCID ID: 0009-0000-9154-6890

4. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, УКРАЇНА
ORCID ID: 0000-0002-2315-7911

5. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричної інженерії
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, УКРАЇНА
ORCID ID: 0000-0001-9304-8254

Процес проектування системи електропостачання включає низку взаємозалежних етапів, серед яких ключовими є: розрахунок електричних навантажень, визначення центру електричних навантажень, а також вибір силового трансформатора. Усі ці етапи є складовими єдиної техніко-економічної задачі, яка має на меті забезпечення надійного, ефективного та економічно обґрунтованого електропостачання споживачів.

Розглянемо окремо кожен із вищезгаданих етапів.

Розрахунок електричних навантажень є первинним етапом, який передують будь-яким технічним рішенням у системі електропостачання. Він передбачає визначення потужностей окремих електроприймачів, групових та сумарних

SECTION 11.
ENERGY AND POWER ENGINEERING

навантажень, а також оцінку режимів роботи системи в нормальних та максимальних умовах.

У процесі розрахунку визначаються такі параметри, як [2]:

- Активна (P) та реактивна (Q) потужність;
- Повна потужність (S);
- Коефіцієнт потужності ($\cos\varphi$);
- Максимальні та розрахункові навантаження за допомогою коефіцієнтів попиту, одночасності, завантаження тощо.

Отримані значення є основою для подальших технічних рішень, зокрема для вибору апаратури, перерізів кабельних ліній, типу трансформатора тощо.

На кафедрі Електричної інженерії розроблено програмний модуль, що вирішує вищезгадану задачу.

Програма розроблена за допомогою мови програмування C# з використанням середовища .NET Framework 4.7.1. Основу графічного інтерфейсу становить Windows Forms (WinForms) — класична технологія створення настільних застосунків для операційної системи Windows. У проекті активно використовуються стандартні компоненти WinForms, зокрема DataGridView для побудови табличної форми введення даних, TextBox для відображення результатів і MessageBox для зворотного зв'язку з користувачем. Події (Click, EditingControlShowing, CellClick тощо) обробляються за допомогою делегатів і лямбда-виразів, що є типовою практикою для C#.

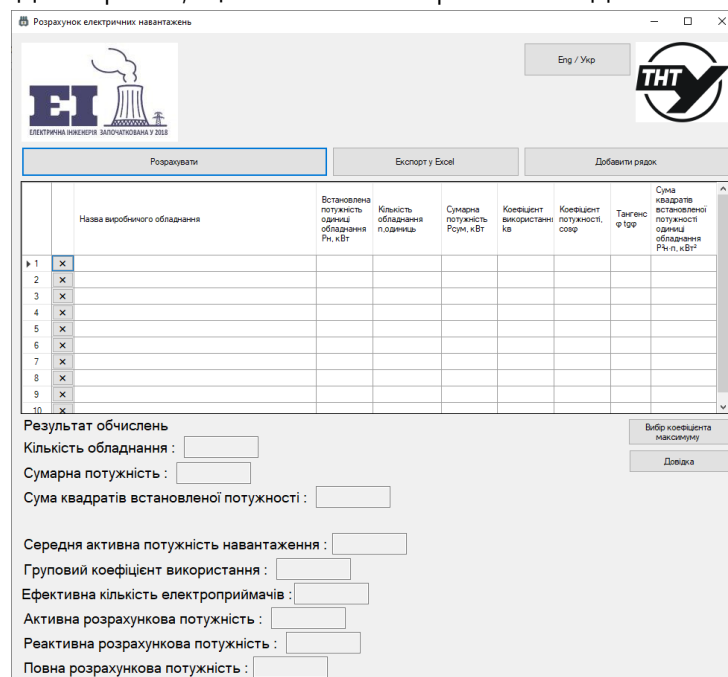


Рис. 1. Програмний модуль «Розрахунок електричних навантажень».
Українська версія

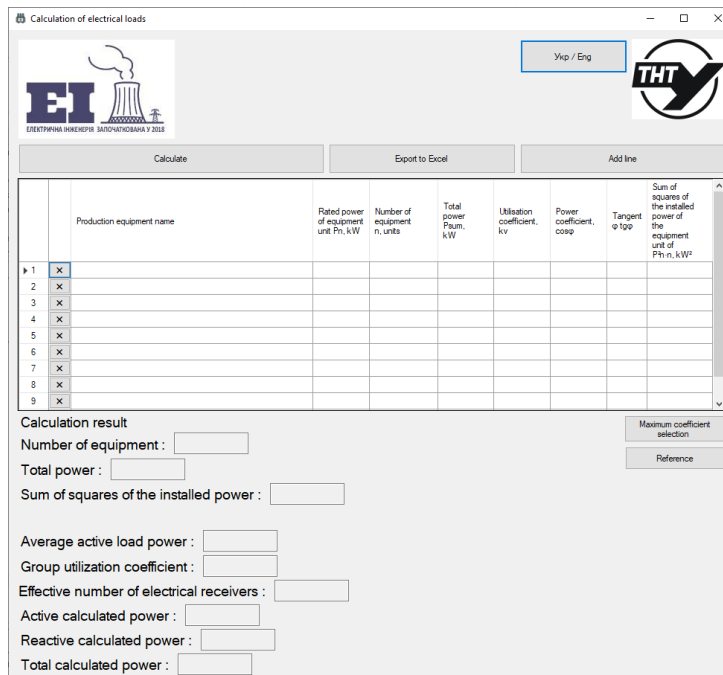


Рис. 2. Програмний модуль «Розрахунок електричних навантажень». Англійська версія

Визначення центру електричних навантажень виконується з метою оптимізації розташування джерела живлення (трансформаторної підстанції) відносно споживачів [5, 6, 7]. У загальному випадку, центр електричних навантажень розраховується за аналогічною формулою, що базується на методі «центру тяжіння», де замість мас використовується значення електричних потужностей споживачів [2, 4]:

$$x_c = \frac{\sum P_i x_i}{\sum P_i}, y_c = \frac{\sum P_i y_i}{\sum P_i}$$

де P_i – потужність i -го споживача; x_i, y_i – координати його розміщення.

Правильно визначене розташування центру електричних навантажень дозволяє:

- Зменшити довжину силових кабелів;
- Мінімізувати втрати електроенергії в лініях;
- Знизити капітальні витрати на прокладання мережі.

Таким чином, даний етап безпосередньо впливає на економічність системи електропостачання та обґрунтовує місце встановлення трансформаторної підстанції.

Програма розроблена за допомогою мови програмування C# з використанням середовища .NET Framework 4.7.1. Основу графічного

SECTION 11.
ENERGY AND POWER ENGINEERING

інтерфейсу становить Windows Forms (WinForms) — класична технологія створення настільних застосунків для операційної системи Windows. У проєкті активно використовуються стандартні компоненти WinForms, зокрема DataGridView для побудови табличної форми введення даних, TextBox для відображення результатів і MessageBox для зворотного зв'язку з користувачем. Події (Click, EditingControlShowing, CellClick тощо) обробляються за допомогою делегатів і лямбда-виразів, що є типовою практикою для C#.

Для експорту табличних даних до Excel використовується зовнішня бібліотека ClosedXML, яка забезпечує просту та ефективну роботу з файлами формату .xlsx без необхідності встановлення Microsoft Excel. У програмі також реалізовані автозаповнення полів, перевірка типу введених даних, а також обробка помилок введення з автоматичним заповненням за замовчуванням.

	Назва виробничого обладнання	№ на плані	Встановлена потужність однієї одиниці обладнання Рн, кВт	Хі, м	Уі, м	Рн·Хі	Рн·Уі
1	Розподільчий пункт	РП1	78,55	7	11,7	549,85	919,035
2	Розподільчий пункт	РП2	73,8	22,5	11,7	1660,5	863,46
3	Розподільчий пункт	РП3	77,76	19,5	0,3	1516,32	23,328
4	Розподільчий пункт	РП4	80,15	7	0,3	561,05	24,045
5	Розподільчий пункт	РП5	91,225	43	3,2	3922,675	291,92
6	Розподільчий пункт	РП6	92,9	30,5	3,5	2833,45	325,15
7	Молот пневматичний ковальський	30	55	33	2,4	1815	132
8	Шахтна електропіч опору (650 °С)	34	75	36	2,4	2700	180

Результат обчислень
Сума потужностей : 624,385
Сума добутку першого : 15558,84 Сума добутку другого : 2758,938
X: 24,91867 Y: 4,418649

Рис. 3. Програмний модуль «Розрахунок центру електричних навантажень». Українська версія

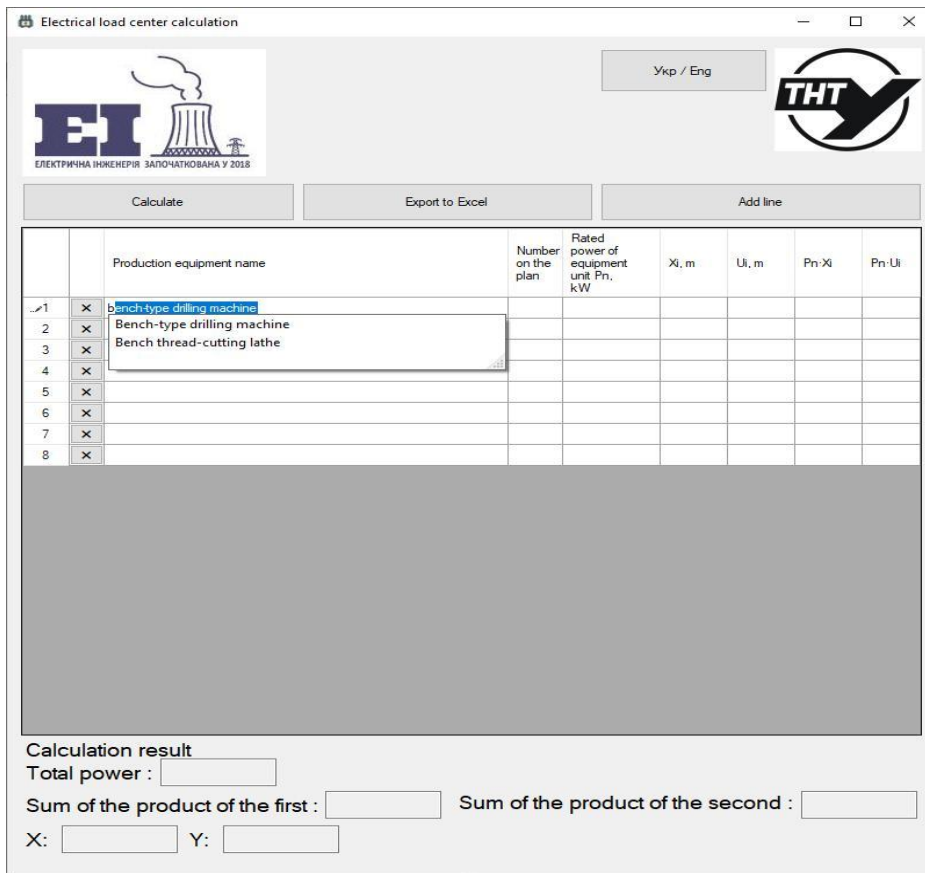


Рис. 4. Програмний модуль «Розрахунок центру електричних навантажень». Англійська версія

Вибір силового трансформатора здійснюється на основі попередньо визначених розрахункових навантажень та місця розташування трансформаторної підстанції. Основними параметрами, що визначаються при виборі трансформатора, є:

- Номінальна потужність трансформатора (із запасом на перспективу та з врахуванням коефіцієнту завантаження);
- Вхідна та вихідна напруга;
- Тип охолодження;
- Схема з'єднання обмоток.

Потужність трансформатора повинна перевищувати розрахункову повну потужність навантаження з урахуванням коефіцієнта запасу [3]:

$$S_T \geq \frac{S_{\text{розр}}}{K_3},$$

де:

S_T – номінальна потужність трансформатора;

SECTION 11.
ENERGY AND POWER ENGINEERING

$S_{розр}$ – розрахункова повна потужність навантаження;
 K_3 – коефіцієнт запасу (зазвичай 1,1-1,4 [2]).

Вибір трансформатора безпосередньо залежить від результатів двох попередніх етапів: його потужності – від розрахункових навантажень, а місце встановлення – від геометричного центру навантажень.

Програма для розрахунку порівняльних характеристик трансформаторів розроблена з використанням Windows Forms на мові програмування C#. Вибір цієї платформи та мови був обумовлений простотою та швидкістю розробки програмного забезпечення з графічним користувацьким інтерфейсом. Windows Forms забезпечує легке створення візуально зрозумілих форм, кнопок та інших елементів інтерфейсу, що значно спрощує роботу користувачів з програмою. Крім того, ця технологія добре інтегрується з іншими компонентами .NET-екосистеми, що дозволяє швидко додавати нові функції або змінювати існуючі [1].

	Трансформатор 1	Трансформатор 2
Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі		
Коефіцієнт завантаження в аварійному режимі		
Реактивна потужність холостого ходу, кВАр		
Реактивна потужність короткого замикання, кВАр		
Приведені втрати холостого ходу, кВт		
Приведені втрати короткого замикання, кВт		
Приведені втрати електроенергії, кВт		
Приведені втрати в трансформаторах, кВт		
Втрати електроенергії за рік, кВт*год		
Вартість втрат електроенергії за рік, грн		
Капітальні затрати, грн		
Річні експлуатаційні затрати, грн		
Сумарні річні затрати, грн		
Термін окупності, років		
Економічна ефективність, грн		

Рис. 5. Програмний модуль «Порівняльний розрахунок трансформаторів». Українська версія

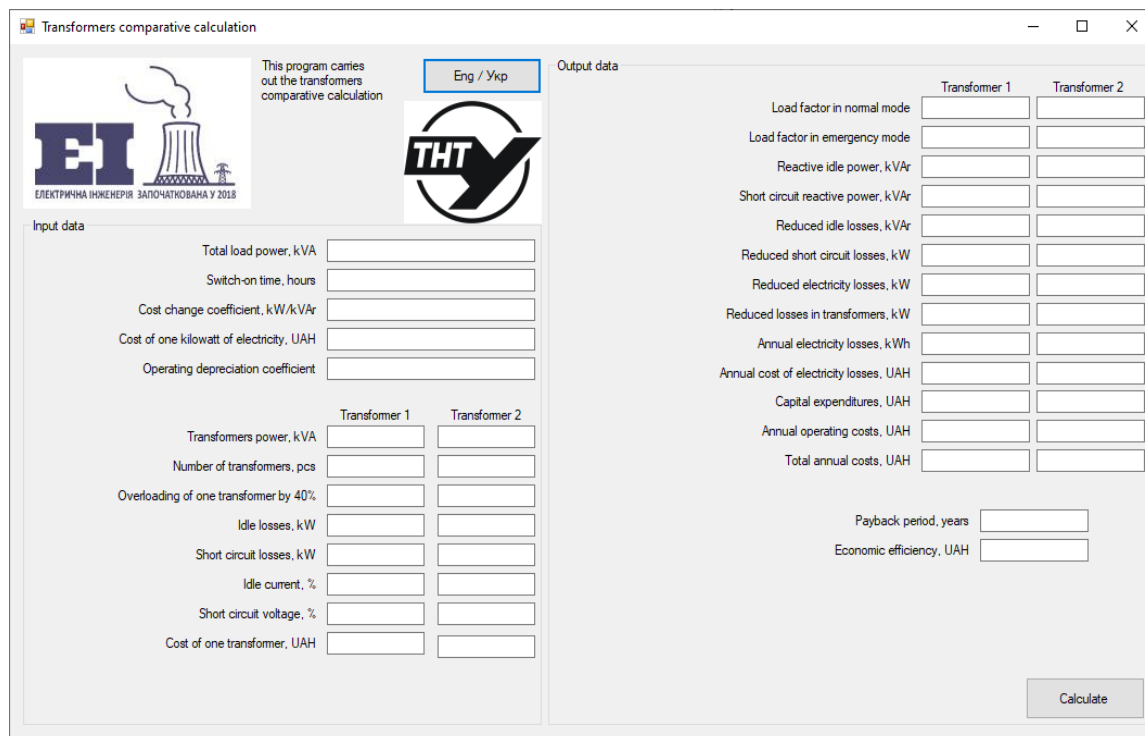


Рис. 6. Програмний модуль «Порівняльний розрахунок трансформаторів». Англійська версія

Висновок

Проектування системи електропостачання вимагає комплексного підходу, у межах якого всі технічні рішення повинні бути взаємопов'язані. Розрахунок електричних навантажень є вихідною точкою, що забезпечує достовірну інформацію для визначення оптимального місця розташування трансформаторної підстанції – центру електричних навантажень. У свою чергу, ці два етапи визначають основні параметри для вибору силового трансформатора, що є джерелом електроенергії для даної системи. Узгоджене вирішення зазначених завдань забезпечує надійність, економічність та ефективність роботи системи електропостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- [1] Буняк, О., Стасів, А., Оробчук, Б., & Судомир, В. (2025). Розробка програмного модуля для розрахунку порівняльних характеристик трансформаторів з врахуванням умови економічності. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 357(5.2), 115-122. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-357-73>
- [2] Маліновський А. А., Хохулін Б. К., Основи електроенергетики та електропостачання: підручник. Львів : Вид-во Нац. ун-ту Львів. політехніка, 2009. 436 с.



SECTION 11.

ENERGY AND POWER ENGINEERING

- [3] Попов В. А., Ткаченко В. В., Ярмолюк О. С. Проектування систем забезпечення споживачів електричною енергією. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 222 с.
- [4] Розрахунок центру електричних навантажень у сучасних умовах / Г. О. Макаруч та ін. Матеріали МНТК „фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій”. 2025. С. 44–45.
- [5] Романюк Ю. Ф., Соломчак О. В., Соломчак А. О. Вибір оптимального розміщення головних розподільчих підстанцій (розподільчих пунктів) в мережах енергопостачальних компаній з врахуванням ліній зовнішнього живлення. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Електроенергетичні та електромеханічні системи. 2013. № 763. С. 91–97. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPEEC_2013_763_18.
- [6] Романюк Ю. Ф., Соломчак О. В., Соломчак А. О. Вибір місць оптимального розташування головних розподільчих підстанцій (розподільчих пунктів) у нафтопромислових електричних мережах із врахуванням ліній зовнішнього живлення. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2012. № 3. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rngr_2012_3_17.
- [7] Федосенко М. М., Кудієв П. В., Віннічук В. В. Визначення оптимального числа і місць розташування підстанцій міських розподільних мереж електропостачання. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2016. № 2. С. 13–17. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eete_2016_2_4.