

Міністерство освіти і науки України Національний
технічний університет України «Київський політехнічний
інститут ім. І. Сікорського»

Кафедра інженерії програмного забезпечення в енергетиці

Практична робота № 6
з курсу: «Основи Веб-програмування»

Виконав:

студент 2-го курсу,
групи ТВ-33

Іванов Едуард Костянтинович

Посилання на GitHub репозиторій:

<https://github.com/EduarddIvanov/WEB/tree/main/PW%236>

Перевірив:

Недашківський О.Л.

Київ 2024/2025

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Варіант 0

Електропостачальною системою (ЕПС) називають сукупність електротехнічних установок, призначених для забезпечення споживачів електроенергією, об'єднаних технічно та організаційно спільністю процесів її передавання та розподілення.

Споживач електроенергії – юридична або фізична особа, яка споживає електричну енергію з метою організації технологічного процесу виробництва та задоволення життєво необхідних потреб. Споживачів ділять на промислові та непромислові підприємства, установи комунального господарства, міське та сільське населення.

6.1.1. Електричні навантаження

6.1.1.1. Класифікація електроприймачів

Електроприймач (ЕП) – пристрій для виконання роботи шляхом перетворення електроенергії в інші види – механічну, світлову, теплову, хімічну. Класифікація ЕП здійснюється за такими основними експлуатаційно-технічними ознаками: *за напругою та струмом, режимом роботи, технологічним призначенням, надійністю електропостачання.*

За напругою всі ЕП можна поділити на дві групи: до 1000 В і вище 1000 В. *За струмом* всі ЕП можна розділити на такі види: трифазні та однофазні приймачі, які працюють від мережі змінного струму промислової частоти (50 Гц); приймачі, які працюють за підвищеної чи зниженої частоти, а також приймачі постійного струму.

За режимом роботи приймачі можна віднести до одного з трьох режимів:

Тривалий режим – це такий режим, за якого приймачі працюють з незмінним або малозмінним навантаженням. В цьому режимі перевищення температури окремих частин електричної частини чи апарата не виходить за встановлені межі.

Короткочасний режим – це такий режим, за якого робочий період настільки малий, що окремі частини машини чи апарата не встигають досягнути встановленої температури.

Водночас період зупинки машини чи апарата настільки тривалий, що машина встигає охолонути до температури навколишнього середовища.

Повторно-короткочасний режим – це такий режим, за якого робочі періоди чергуються з паузами, а тривалість всього циклу не перевищує 10 хвилин.

За технологічним призначенням ЕП ділять на такі групи:

- електродвигуни верстатів (тривалий режим із змінним характером навантаження – група А);
- електродвигуни загальнопромислових механізмів (вентиляторів, насосів, компресорів) (тривалий режим із сталим характером навантаження – група Б);
- джерела світла;
- підійомно-транспортні механізми (повторно-короткочасний режим);
- електротехнологічні установки – зварювальні, електротермічні, електрохімічні тощо.

За надійністю електропостачання споживачі, згідно з ПУЕ, поділяються на три категорії:

- **I категорія** – споживачі, перерва електропостачання яких пов'язана з загрозою для життя та здоров'я людей, можливістю аварій, виходу з ладу дорогого основного обладнання, порушення нормальної діяльності масової кількості міських чи сільських мешканців. Такі споживачі повинні жити від двох незалежних джерел з автоматичним увімкненням резервного джерела. Перерва в електропостачанні може бути допущена лише на час автоматичного відновлення живлення. Доцільним є використання технологічного резерву.

Серед споживачів I категорії виділяють особливу групу, неперервна робота яких необхідна для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрозі життю чи здоров'ю людей, можливості аварій, виходу з ладу дорогого основного обладнання. Для них повинно бути передбачене третє резервне джерело з автоматичним його увімкненням.

- **II категорія** – споживачі, перерва в електропостачанні яких призводить до масового недовипуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських чи сільських мешканців. Вони мають жити від двох незалежних джерел, але допускається ручне увімкнення резервного джерела. Допускається живлення однією повітряною лінією, однією кабельною лінією, виконаною двома кабелями, від одного трансформатора за наявності централізованого складського резерву та можливості відновлення електропостачання протягом однієї доби.

- **III категорія** – споживачі, які не підпадають під визначення споживачів I та II категорій. Вони можуть жити від одного джерела, однак перерва в електропостачанні не повинна перевищувати однієї доби.

6.1.2. Графіки навантажень

Електричне навантаження (ЕН) – це узагальнене поняття, яке характеризує і режим споживання, і режим роботи елементів ЕПС. ЕН задається активною (P), реактивною (Q) потужностями, а також повною потужністю (S), струмом (I), коефіцієнтом потужності ($\cos \varphi$), коефіцієнтом реактивної потужності ($\tan \varphi$) [1]. Причому:

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi; Q = \sqrt{3}UI \sin \varphi,$$

де: U – лінійна напруга мережі.

Режим роботи споживачів електричної енергії змінюється протягом доби, тижня, року. Змінюється і ЕН всіх елементів передавання електроенергії. Зміну навантажень у часі прийнято

зображати у вигляді графіків активних і реактивних навантажень – змінних, добових, місячних та річних. Неперервний добовий графік навантаження (рис. 6.1) відображає всі особливості зміни навантаження, а вибір швидкості запису дозволяє розглядати зміну навантаження протягом заданого інтервалу часу.

Добові графіки навантажень можна побудувати за показами лічильників активної та реактивної енергій (рис. 6.2), що встановлюються на лініях, які відходять від розподільних пристроїв підстанцій промислових підприємств. Для цього фіксують покази лічильників через певний інтервал часу (60 або 30 хвилин). Добові графіки обов'язково будують для двох режимних днів – зимового (близько 22 грудня) і літнього (близько 22 червня).

З річних найбільший інтерес заслуговує графік ЕН за тривалістю (рис. 6.3). Це графік, в якому всі значення ЕН розміщені в порядку їх спадання. Такий графік називають **упорядкованою діаграмою (УД)**. Площа річного графіка за тривалістю дорівнює спожитій за рік електроенергії W .

Річний графік будують за добовими графіками режимних днів.

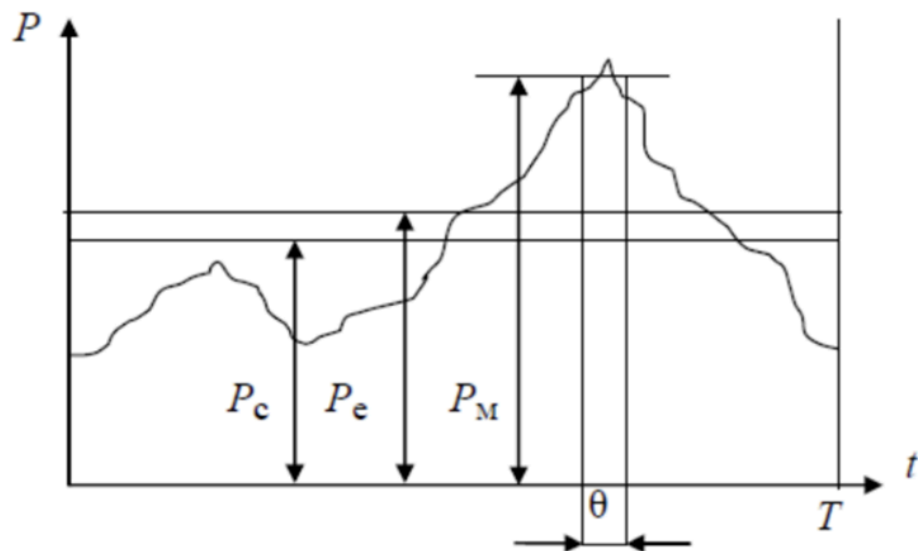


Рисунок 6.1. Неперервний графік ЕН

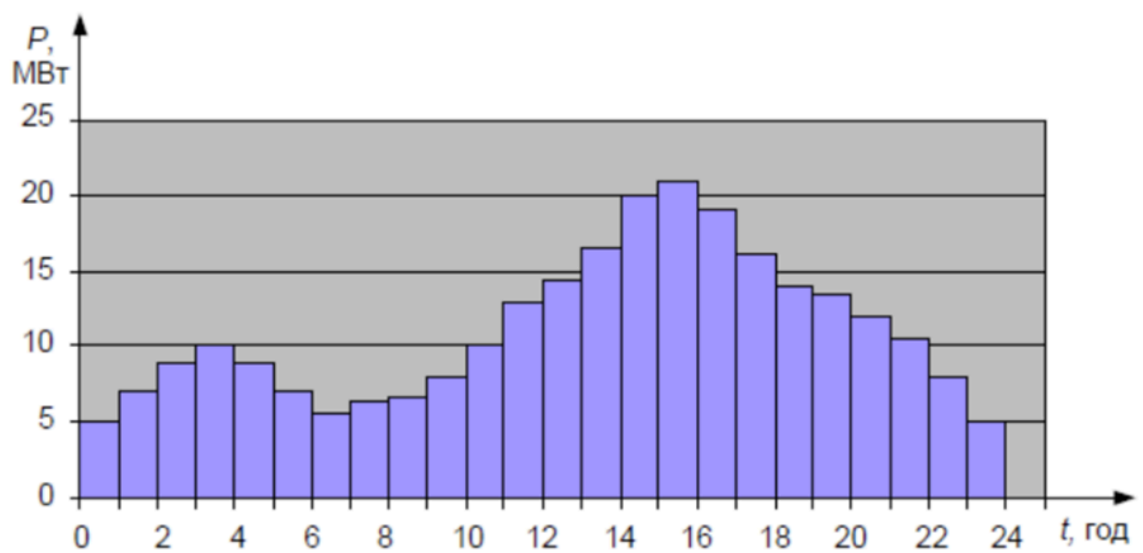


Рисунок 6.2. Графіки ЕН, що побудовані за показами лічильника

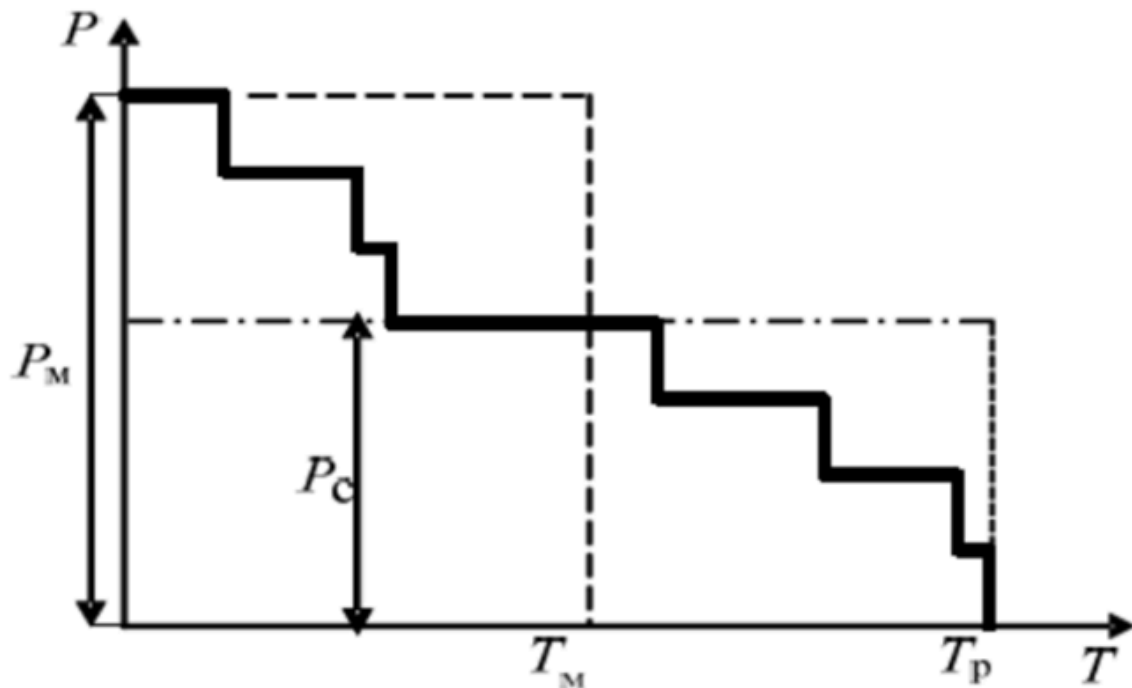


Рисунок 6.3. Річний графік ЕН за тривалістю

6.1.6.1. Метод упорядкованих діаграм

Метод упорядкованих діаграм (метод коефіцієнта максимуму) був довгий час основним методом розрахунку ЕН силових ЕП. Метод упорядкованих діаграм (УД) розроблено Г. М. Каяловим. В його основу покладено ймовірнісне моделювання. Навантаження розглядається як випадкова величина, а для теоретичного обґрунтування використані УД показників графіків ЕН, які за математичною суттю є функціями розподілу цих показників. На рис. 3.6 подано перехід від УД активної потужності до її функції розподілу.

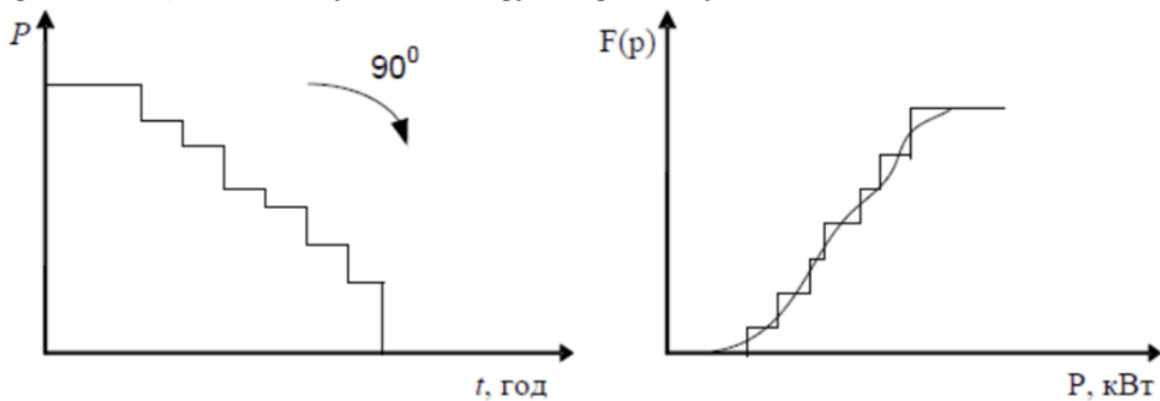


Рисунок 6.6. Перехід від упорядкованої діаграми до функції розподілу випадкової величини

Відповідно до статистичного методу:

$$P_p = P_c + \beta \sigma = P_c + \beta \sqrt{P_e^2 - P_c^2} = P_c (1 + \beta \sqrt{K_\phi^2 - 1}).$$

Для застосування статистичного методу на етапі проектування потрібна статистика з K_ϕ для груп ЕП, але такої статистики немає.

Згідно з роботами Г. М. Каялова [2] коефіцієнт форми можна виразити через коефіцієнт використання та ефективну кількість ЕП, якщо припустити, що:

$$K_\phi^2 - 1 \approx \frac{k_\phi^2 - 1}{n_e}; \quad k_\phi \approx \frac{1,05}{\sqrt{k_{BM}}},$$

а коефіцієнт ввімкнення визначити з формули $k_e = k_z \times k_{BM} = 0,8 k_{BM}$.

Вихідними даними для розрахунку є номінальні потужності ЕП, а також статистичні дані коефіцієнтів використання та коефіцієнтів потужності різних груп ЕП. Для визначення цих коефіцієнтів на багатьох підприємствах різних галузей промисловості були визначені навантаження і режими роботи окремих ЕП та їх груп. На основі великої кількості даних знайдено статистичні значення цих коефіцієнтів для характерних груп ЕП різних галузей промисловості. Ці коефіцієнти є вихідними величинами для розрахунку навантажень і наводяться в довідниках [3].

ЕП кожного розподільного пункту або шинопроводу пропонувалось поділити на дві групи: ЕП зі змінним графіком навантаження (група А) і ЕП з практично постійним графіком навантаження (група Б).

Розрахункові навантаження визначають за формулами [2]:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM}; \quad Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot Q_{CM} & \text{якщо } n_e \leq 10; \\ Q_{CM} & \text{якщо } n_e > 10, \end{cases} \quad (6.5)$$

де: K_M – коефіцієнт максимуму активної потужності, який визначають за допомогою довідкових таблиць $K_M = f(K_B, n_e)$ (табл. 6.2).

Використовується наступний порядок розрахунку навантажень.

1. Визначають середні активні та реактивні навантаження за максимально завантажени зміни:

$$P_{\text{см}} = \sum_{i=1}^n k_{\text{в}i} \cdot P_{\text{н}i}; \quad Q_{\text{см}} = \sum_{i=1}^n k_{\text{в}i} \cdot P_{\text{н}i} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{с}i}. \quad (6.6)$$

Причому значення коефіцієнта використання $k_{\text{в}i}$ та коефіцієнта реактивної потужності $\text{tg} \varphi_{\text{с}i}$ рекомендовано вибирати середніми з діапазону можливих значень, наведених в довідниках [3].

2. Знаходять груповий коефіцієнт використання та ефективну кількість ЕП за формулами:

$$K_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{\text{в}i} \cdot P_{\text{н}i}}{P_{\text{н}}}; \quad n_{\text{е}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{\text{н}i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{н}i}^2}. \quad (6.7)$$

3. За значеннями $K_{\text{в}}$, $n_{\text{е}}$ з таблиці 3.2 визначають коефіцієнт максимуму активної потужності і знаходять максимальні активні та реактивні навантаження.

Досвід застосування методу упорядкованих діаграм протягом тривалого часу показав, що він дає завищені значення $P_{\text{р}}$, $Q_{\text{р}}$, які на практиці не досягаються. Тому в 1992 році був запропонований новий метод розрахунку навантажень [4], який одні автори називають модифікованим методом УД, а інші – методом розрахункових коефіцієнтів.

Згідно з цим методом знаходять розрахункові навантаження, які визначають за формулами:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{р}} \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{в}i} \cdot P_{\text{н}i}; \quad Q_{\text{р}} = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{\text{в}i} \cdot P_{\text{н}i} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{с}i}, & \text{якщо } n_{\text{е}} \leq 10; \\ \sum_{i=1}^n k_{\text{в}i} \cdot P_{\text{н}i} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{с}i}, & \text{якщо } n_{\text{е}} > 10. \end{cases} \quad (6.8)$$

де: $P_{\text{н}}$ - номінальна потужність всіх ЕП; m - відношення номінальних потужностей найбільшого і найменшого за потужністю ЕП. Розраховане значення $n_{\text{е}}$ округляється до найближчого меншого цілого числа.

Розрахунковий коефіцієнт активної потужності K_p знаходять за однією з довідкових таблиць $K_p = f(K_v, n_e, T_0)$ [4] (табл. 6.3 та 6.4), в яких наведені його значення відповідно для елементів мереж, що відповідають постійній часу нагрівання провідників $T_0 = 10$ хв. (II рівень електропостачання), та для розподільних трансформаторів і магістральних шинопроводів, що відповідають постійній часу нагрівання провідників $T_0 = 2,5$ год. (III рівень електропостачання) [4]. Значення K_p в табл. 3.4 значно менші від значень K_p в табл. 6.3.

Для кабельних ліній розподільних мереж напругою 10 (6) кВ, постійна часу нагрівання T_0 яких приблизно дорівнює 30 хв., (IV рівень електропостачання) коефіцієнт K_p приймається рівним одиниці.

Таблиця 6.6. Дані для розрахунку контрольного прикладу

Підрозділи	Найменування ЕП	Номинальне значення коефіцієнта корисної дії ЕП: η_n	Коефіцієнт потужності навантаження: $\cos \varphi$	Напруга навантаження: U_n кВ	Кількість ЕП: n , шт	Номинальна потужність ЕП: P_n , кВт	$n \cdot P_n$, кВт	Коефіцієнт використання: K_{θ}	Коефіцієнт реактивної потужності: $\lg \varphi$	$n \cdot P_n \cdot K_{\theta}$, кВт	$n \cdot P_n \cdot K_{\theta} \cdot \lg \varphi$, квар	$n \cdot P_n^2$	Ефективна кількість ЕП: n_e	Розрахунковий коефіцієнт активної потужності: K_p	Розрахункове активне навантаження: P_p , кВт	Розрахункове реактивне навантаження: Q_p , квар	Повна потужність: S_p , кВ·А	Розрахунковий груповий струм: I_p , А
ШРІ	Шліфувальний верстат (1-4)	0,92	0,9	0,38	4	20	п.3.1	0,15	1,33	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2
	Свердильний верстат (5-6)	0,92	0,9	0,38	2	14	п.3.1	0,12	1	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2
	Фугувальний верстат (9-12)	0,92	0,9	0,38	4	42	п.3.1	0,15	1,33	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2
	Циркулярна пила (13)	0,92	0,9	0,38	1	36	п.3.1	0,3	1,52	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2
	Прес (16)	0,92	0,9	0,38	1	20	п.3.1	0,5	0,75	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2
	Полірувальний верстат (24)	0,92	0,9	0,38	1	40	п.3.1	0,2	1	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2
	Фрезерний верстат	0,92	0,9	0,38	2	32	п.3.1	0,2	1	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2

17

	(26-27)																	
	Вентилятор (36)	0,92	0,9	0,38	1	20	п.3.1	0,65	0,75	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2
ВСЬОГО ШРІ		-	-	-	Σ	-	Σ	п.4.1	-	Σ	Σ	Σ	п.4.2	п.4.3	п.4.4	п.4.5	п.4.6	п.4.7
ВСЬОГО ШР2 (аналогічно)		-	-	-	ШР1	-	ШР1	ШР1	-	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1
ВСЬОГО ШР3 (аналогічно)		-	-	-	ШР1	-	ШР1	ШР1	-	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1	ШР1
Крупні ЕП, що живляться від ТП (трансформаторної підстанції)	Зварювальний трансформатор	0,92	0,9	0,38	2	100	п.3.1	0,2	3	???	???	???	-	-	-	-	-	п.3.2
	Сушильна шафа	0,92	0,9*	0,38	2	120	п.3.1	0,8	-	???	-	???	-	-	-	-	-	п.3.2
Всього, навантаження цеху		-	-	-	81	-	2330	п.6.1	-	752	657	96388	п.6.2	п.6.3	п.6.4	п.6.5	п.6.6	п.6.7

Завдання:

Створіть Веб калькулятор для розрахунку електричних навантажень об'єктів з використанням методу впорядкованих діаграм. Цехова мережа складається з трьох типових цехів які під'єднується до трьох різних розподільчих шин (ШР1-ШР3) та кількох крупних електроприймачів (ЕП). Для спрощення приймемо що склад, номенклатура і характеристики ЕП всіх трьох цехів однакові. На основі складу ЕП та їх характеристик необхідно розрахувати силове навантаження цехової мережі.

Хід виконання:

index.html – містить структуру веб-сторінки. Відповідає за обробку події натискання кнопки «Розрахувати», отримує введені значення, викликає необхідні функції для розрахунків і повертає результати у HTML. Містить стиль сторінки.

Результат виконання на контрольному прикладі:

Калькулятор електричних навантажень

Вибір варіанту розрахунку
Номінальна потужність шліфувального верстата (кВт):
Коефіцієнт використання полірувального верстата:
Коефіцієнт реактивної потужності циркулярної пили (tgφ):

Контрольний приклад

Варіант 0 (29, 0.31, 1.65)

Застосувати поточні значення

Вхідні дані електрообладнання

Назва верстата	n	p, кВт	η	cosφ	n*p, кВт	I _p , А	k	tgφ	n*p*k, кВт	n*p*k*tgφ, кВАр	n*p ² , кВт ²
Токарний верстат (1-4)	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="0,89"/>	<input type="text" value="0,5"/>	40.00	136.57	<input type="text" value="0,14"/>	<input type="text" value="1,73"/>	5.60	9.69	400.00
Фрезерний верстат (5-8)	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="0,89"/>	<input type="text" value="0,6"/>	28.00	79.67	<input type="text" value="0,14"/>	<input type="text" value="1,33"/>	3.92	5.21	196.00

Свердильний верстат (9-13)	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="4,5"/>	<input type="text" value="0,89"/>	<input type="text" value="0,6"/>	22.50	64.02	<input type="text" value="0,14"/>	<input type="text" value="1,33"/>	3.15	4.19	101.25
Шліфувальний верстат (14-16)	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="0,89"/>	<input type="text" value="0,6"/>	36.00	102.43	<input type="text" value="0,14"/>	<input type="text" value="1,33"/>	5.04	6.70	432.00
Електропіч (17-18)	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="0,95"/>	<input type="text" value="0,8"/>	60.00	119.95	<input type="text" value="0,75"/>	<input type="text" value="0,75"/>	45.00	33.75	1800.00
Всього	18	-	-	-	186.50	502.63	-	-	62.71	59.54	2929.25

Перерахувати

Дані цеху

Сума Кр:

Сума Р:

Сума N*P:

Сума N*P²:

Сума N*P*K*tgφ:

Оновити дані цеху

Результати розрахунків

Розрахунки для ШР1	Розрахунки для цеху
Коефіцієнт використання (Кв):	Коефіцієнт використання (Кв):
Ефективне число електроприймачів (пe):	Ефективне число електроприймачів (пe):
Округлене пe:	Округлене пe:
Коефіцієнт попиту (Кп):	Коефіцієнт попиту (Кп):
Активна потужність (Pr), кВт:	Активна потужність (Pr), кВт:
Реактивна потужність (Qr), кВАр:	Реактивна потужність (Qr), кВАр:
Повна потужність (Sp), кВА:	Повна потужність (Sp), кВА:
Розрахунковий струм (Ip), А:	Розрахунковий струм (Ip), А:

Результат виконання за варіантом:

Калькулятор електричних навантажень

Вибір варіанту розрахунку

Номінальна потужність шліфувального верстата (кВт):

Коефіцієнт використання полірувального верстата:

Коефіцієнт реактивної потужності циркулярної пили (tgφ):

Контрольний приклад

Варіант 0 (29, 0.31, 1.65)

Застосувати поточні значення

Вхідні дані електрообладнання

Назва верстата	n	p, кВт	η	cosφ	n*p, кВт	Ip, A	k	tgφ	n*p*k, кВт	n*p*k*tgφ, кВАр	n*p², кВт²
Шліфувальний верстат (1-4)	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="29"/>	<input type="text" value="0,92"/>	<input type="text" value="0,9"/>	116.00	212.85	<input type="text" value="0,15"/>	<input type="text" value="1,33"/>	17.40	23.14	3364.00
Свердильний верстат (5-6)	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="14"/>	<input type="text" value="0,92"/>	<input type="text" value="0,9"/>	28.00	51.38	<input type="text" value="0,12"/>	<input type="text" value="1"/>	3.36	3.36	392.00
Фугувальний верстат (9-12)	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="42"/>	<input type="text" value="0,92"/>	<input type="text" value="0,9"/>	168.00	308.27	<input type="text" value="0,15"/>	<input type="text" value="1,33"/>	25.20	33.52	7056.00
Циркулярна пила (13)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="36"/>	<input type="text" value="0,92"/>	<input type="text" value="0,9"/>	36.00	66.06	<input type="text" value="0,3"/>	<input type="text" value="1,65"/>	10.80	17.82	1296.00
Прес (16)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="0,92"/>	<input type="text" value="0,9"/>	20.00	36.70	<input type="text" value="0,5"/>	<input type="text" value="0,75"/>	10.00	7.50	400.00
Полірувальний верстат (24)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="0,92"/>	<input type="text" value="0,9"/>	40.00	73.40	<input type="text" value="0,31"/>	<input type="text" value="1"/>	12.40	12.40	1600.00
Фрезерний верстат (26-27)	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="32"/>	<input type="text" value="0,92"/>	<input type="text" value="0,9"/>	64.00	117.44	<input type="text" value="0,2"/>	<input type="text" value="1"/>	12.80	12.80	2048.00
Вентилятор (36)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="0,92"/>	<input type="text" value="0,9"/>	20.00	36.70	<input type="text" value="0,65"/>	<input type="text" value="0,75"/>	13.00	9.75	400.00
Всього	16	-	-	-	492.00	902.80	-	-	104.96	120.29	16556.00

Перерахувати

Дані цеху

Сума K_p :

Сума P :

Сума $N \cdot P$:

Сума $N \cdot P^2$:

Сума $N \cdot P \cdot K \cdot \text{tg}\varphi$:

Оновити дані цеху

Результати розрахунків

Розрахунки для ШР1

Коефіцієнт використання (K_v):	0.2133
Ефективне число електроприймачів (n_e):	14.621
Округлене n_e :	15
Коефіцієнт попиту (K_p):	1.25
Активна потужність (P_p), кВт:	131.20
Реактивна потужність (Q_p), кВАр:	120.29
Повна потужність (S_p), кВА:	177.9962
Розрахунковий струм (I_p), А:	270.44

Розрахунки для цеху

Коефіцієнт використання (K_v):	0.3227
Ефективне число електроприймачів (n_e):	56.32
Округлене n_e :	56
Коефіцієнт попиту (K_p):	0.70
Активна потужність (P_p), кВт:	526.40
Реактивна потужність (Q_p), кВАр:	657.00
Повна потужність (S_p), кВА:	841.87
Розрахунковий струм (I_p), А:	1279.09

ВИСНОВОК

У межах даної практичної роботи було розроблено веб-калькулятор. У процесі виконання роботи було створено зручний веб-інтерфейс, передбачено валідацію вхідних даних для коректного проведення розрахунків, а також реалізовано функції для обчислення коефіцієнтів переходу між різними типами маси палива та визначення теплоти згоряння. Отримані результати було перевірено на контрольних прикладах, що підтвердило правильність реалізованих алгоритмів. Веб-калькулятор може бути корисним для аналізу характеристик палива та застосування в енергетичних розрахунках.