

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни:

**“Поновлювані та альтернативні джерела енергії” та контрольні
завдання для студентів спеціальності**

**141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
усіх форм навчання**

2019

Методичні вказівки з вивчення дисципліни "Поновлювальні та альтернативні джерела енергії" та контрольні завдання для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання /Укл.: О.В. Немикіна,- Запоріжжя: ЗНТУ, 2019 – 40 с.

Укладачі: О.В.Немикіна, к.т.н.

Рецензент: П.Д. Андрієнко, професор, д.т.н.

Відповідальний за випуск: О.І. Кузьменко, зав.лаб.

Затверджено
на засіданні кафедри ЕПП
Протокол № 9
від 26квітня 2019 р

на засіданні НМК ЕТФ
Протокол № 10 від 23.05. 2019 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	6
1 РОЗРАХУНОК І ПОБУДОВА ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	6
2 РОЗРАХУНОК АВТОНОМНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	13
ЛІТЕРАТУРА	31
ДОДАТОК А_.....	32
ДОДАТОК Б.....	35

Вступ

Нетрадиційні та альтернативні джерела електроенергії мають виняткове значення як основний шлях до збереження паливних ресурсів в сучасній промисловості. Сучасні промислові підприємства - значні споживачі електричної енергії, і одночасно незмінна складова сучасного суспільства. Очевидно, що зараз людство переживає енергетичну кризу: бажані потреби людства у електричній енергії у декілька разів перевищують виготовлення..

Світове науково-технічне суспільство веде постійний пошук рентабельніших джерел, котрі б використовували відновлювані ресурси і змогли хоча б частково замінити паливні. Найбільш поширені : енергія вітру, енергія сонця, енергія біомаси, енергія океанських припливів та відпливів, енергія тепла земних надр та інших.

Напрямок використання такої енергії отримав загальноприйнятий термін - поновлювальна та альтернативна енергетика. Головна перевага поновлювальної та альтернативної енергетики - невичерпність та відносна екологічна чистота. В Україні тільки 2-3% виробляють за допомогою нетрадиційних джерел енергії (сонячних електростанцій, вітрових електростанцій). Для заохочення впровадження поновлювальної енергії уряди держав установлюють так званий «зелений» тариф, який значно в 1.5- 3 рази вище за діючий тариф.

В Україні залежно від області застосування сформувалась в основному таки напрямки найбільш поширеного використання сонячних електростанцій на основі фотоелектричних панелей:

- приватні станції малої потужності, що розміщуються на дахах будинків;
- комерційні станції малої і середньої потужності, що розташовуються як на дахах, так і на землі;;
- промислові сонячні станції, що забезпечують енергопостачання цехів, фабрик, заводів та інших споживачів.

Метою вивчення дисципліни “ Поновлювані та альтернативні джерела енергії ” є формування у студента знань в області нетрадиційних джерел енергії, вивчення їх видів і методів перетворення безпосередньо в електричну енергію.

Завдання вивчення дисципліни передбачає визначення промислового та приватного використання нетрадиційних джерел енергії, а саме сонячної електростанції з урахуванням графіків навантаження.

КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Під час вивчення дисципліни “ Поновлювані та альтернативні джерела енергії” студенти заочної форми навчання повинні виконати контрольну роботи. Контрольна робота складається з двох задач.

Методичні вказівки

1 РОЗРАХУНОК І ПОБУДОВА ГРАФІКІВ НАВАНТАЖЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Електричне навантаження промислових підприємств залежить від виду виробництва, режиму робочого дня і числа змін. Наочне уявлення про характер зміни електричних навантажень в часі (зміна, доба, місяць, рік) дають графіки навантажень.

Графіком навантаження називається крива, що показує зміну навантажень за певний проміжок часу. За родом навантаження розрізняють графіки активного і реактивного навантаження, за тривалістю - добові і річні графіки навантажень. Кожна галузь промисловості має свій характерний графік навантажень, який визначається технологічним процесом виробництва (дод. А.) Якщо відкладати по осі абсцис години доби, а по осі ординат споживану в кожен момент часу потужність у відсотках від максимальної потужності, то отримаємо добовий графік навантаження.

Найбільше можливе за добу навантаження приймається за 100%. При відомому розрахунковому максимумі навантаження $P_{\max}$ можна перевести типовий графік (P , %) у графік навантаження даного промислового споживача в значенні активної потужності (P , кВт).

$$P_i = \frac{n\% \cdot P_{\max}}{100\%}, \quad (1.1)$$

де P_i – потужність навантаження в певний час доби, кВт; $n\%$ – ордината відповідної ступені типового графіка %, $P_{\max}$ – максимальне навантаження, кВт;

Потім по добовому графіку навантаження визначають:

$$\text{– добова витрата електроенергії} \quad W_c = \sum_{i=1}^{24} P_i \cdot t_i, \quad (1.2)$$

де t – тривалість i -ої ступені добового графіка, година;

– середньодобове навантаження

$$P_{\text{с ср}} = \frac{W_{\text{с}}}{24}, \quad (1.3)$$

– коефіцієнт заповнення графіка навантажень $K_{\text{з.г.}}$ характеризує ступінь нерівномірності режиму роботи електроустановок

$$K_{\text{з гр}} = \frac{P_{\text{с ср}}}{P_{\text{max}}} = \frac{W_{\text{с}}}{24 \cdot P_{\text{max}}}. \quad (1.4)$$

Для планування річного споживання і вироблення електроенергії складають річні графіки навантаження за тривалістю і річні графіки зміни добових максимумів навантажень.

Річний графік за тривалістю, являє собою криву зміни спадної навантаження протягом року. Його можна побудувати за характерними добовими графіками двох найбільш завантажених днів в році-зимового і літнього, а при найбільш точній побудові ще й весняно-осінній графік навантаження.

Для більшої частини України можна умовно прийняти тривалість зимового періоду – 213 днів (жовтень-березень), літнього – 152 дні (квітень-вересень). На осі ординат річного графіка за тривалістю у відповідному масштабі відкладають навантаження в кВт от P_{max} до P_{min} , а по осі абсцис в масштабі-години року від 0 до 8760 ч. (365 днів на рік по 24 години на добу: $24 \times 365 = 8760$ год). Зазвичай для кожного споживача в довідковій літературі наводиться кілька добових графіків, що характеризують роботу підприємства в різний час року і в різні дні тижня. Найчастіше використовуються графіки зимових і літніх діб. Максимальне навантаження зимового добового графіка P_{max} приймається за 100%. Ординати всіх інших ступенів графіка задаються у відсотках щодо цього значення.

За річним графіком навантаження можна визначити деякі коефіцієнти, що характеризують режим роботи підприємства.

Річна витрата активної електроенергії W , кВт·год, за розглянутий період часу для підприємства дорівнює площі річного графіка:

$$W = \sum P_i \cdot t_i, \quad (1.5)$$

де P_i , t_i – потужність (кВт) та тривалість часу (год) i -того ступеню графіка.

Число годин використання максимуму активної потужності можна визначити і за річним графіком активних навантажень:

$$T_m = \frac{W}{P_{max}} \text{ (ч)}, \quad (1.6)$$

T_m – показує, скільки годин на рік установка повинна була б працювати з незмінним максимальним навантаженням, щоб спожити дійсно спожиту за рік кількість електроенергії:

$$T_m = K_{з\text{ гр}} \cdot 8760 \quad (1.7)$$

Середнє навантаження за рік:

$$P_{cp} = K_{з\text{ гр}} \cdot P_{max} \quad (1.8)$$

Приклад 1. Для заводу целюлозно-паперової промисловості розрахункове максимальне навантаження складає $P_{max} = 8$ МВт. Добовий графік зимового дня представлений на рис.1.1. Побудувати річний графік навантажень, за умови, що навантаження літнього дня на 20% менше навантаження зимового дня.

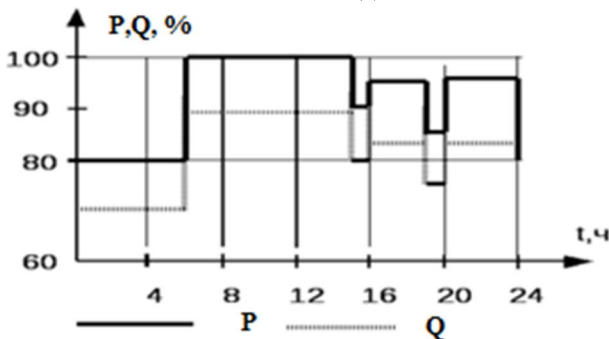


Рисунок 1.1 - Добовий зимовий графік активного та реактивного навантажень

За річним графіком визначити річну електроенергію, споживану підприємством, коефіцієнт заповнення графіка навантажень $K_{з.г.}$, число годин використання максимуму активної потужності T_m .

Рішення: За графіком рис. 1.1 заповнюється табл.1.1. За формулою 1.1 проводиться перерахунок активної потужності, заданої у відсотках (за графіком) в іменовані одиниці (МВт).

Таблиця 1.1. Переведення типового графіка навантажень у графік навантаження даного підприємства для зимового та літнього періодів

години	0-6	6-15	15-16	16-19	19-20	20-24
За добовим зимовим графіком						
$P, \%$	80	100	90	95	85	95
$P_{зим}, \text{МВт}$	6,4	8	7,2	7,6	6,8	7,6
За добовим літнім графіком						
$P, \%$	60	80	70	75	65	75
$P_{лет}, \text{МВт}$	4,8	6,4	5,6	6	5,2	6

За даними табл. 1.1 будуюмо добові графіки зимових і літніх діб (рис.1.2).

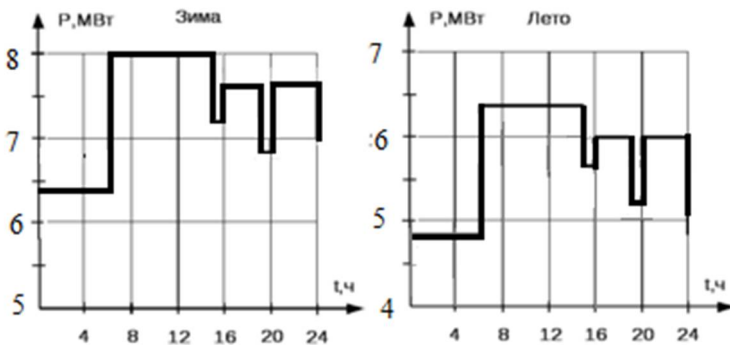


Рисунок 1.2-Добові зимовий і літній графік активного навантаження

Визначасмо середньодобове навантаження за виразом (1.3).
Для добового зимового графіка:

$$P_{\text{ср}} = \frac{6,4 \cdot (6-0) + 8 \cdot (15-6) + 7,2 \cdot (16-15) + 7,6 \cdot ((19-16) + (24-20)) + 6,8 \cdot (20-19)}{24} = 7,4 \text{ МВт.}$$

Для добового літнього графіка середньодобове навантаження визначаємо за виразом (1.3) використовуючи дані табл. 1.1.

Так як річний графік має ступінчасту форму, то навантаження необхідно розташувати в спадному порядку, починаючи з найбільшої ($P_{\text{max}}=8 \text{ МВт}$). Приймаємо тривалість $t_{\text{зін}}=213 \text{ днів}$; $t_{\text{літн}}=152 \text{ дні}$.

Дані для побудови річного графіка зводимо в табл. 1.2

Таблиця 1.2 - Дані для побудови річного графіка навантаження

№ ступеня графіка	P, %	P _i , МВт	t _i , год	W, МВт·год
1	100	8	213·9 = 1917	8·1917 = 15336
2	95	7,6	213·7 = 1491	7,6·1491 = 11332
3	90	7,2	213·1 = 213	7,2·213 = 1534
4	85	6,8	213·1 = 213	6,8·213 = 1448
5	80	6,4	213·6 + 152·9 = 2646	6,4·2646 = 16934
6	75	6	152·7 = 1064	6·1064 = 6384
7	70	5,6	152·1 = 152	5,6·152 = 851
8	65	5,2	152·1 = 152	5,2·152 = 790
9	60	4,8	152·6 = 912	4,8·912 = 4378
разом			∑t _i =8760 год	58987 МВт·год

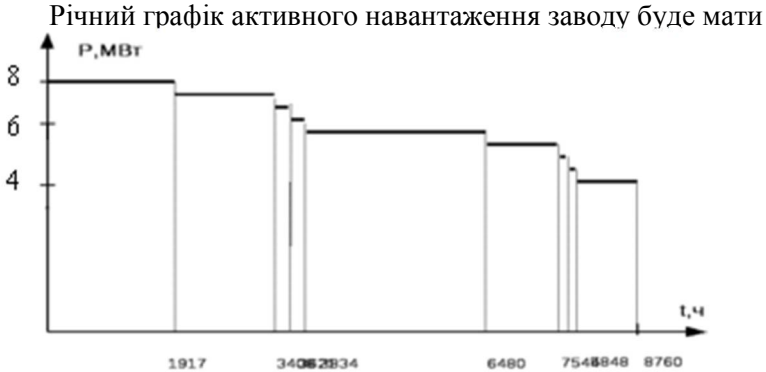


Рисунок. 1.3 -Річний графік активного навантаження заводу

За річним графіком визначаємо:

$$T_m = \frac{W}{P_{max}} = \frac{58987}{8} = 7373 \text{ год} ;$$

$$K_{з\text{ гр}} = \frac{T_m}{8760} = \frac{7373}{8760} = 0,84$$

$$P_{ср} = K_{з\text{ гр}} \cdot P_{max} = 8 \cdot 0,84 = 5,65 \text{ МВт}$$

Завдання 1 Побудова графіків електричних навантажень

За типовими графіками (дод. А) побудувати добові графіки активного та реактивного навантаження для зимового та літнього періодів (як навантаження, що відповідає 100% - прийняти максимальну розрахункову потужність підприємства P_{max} , табл. 1.3. Прийняти що навантаження літнього дня на 20% менше навантаження зимового дня (для варіанту 1-8), навантаження літнього дня на 30% менше навантаження зимового дня (для варіанту 9-15).

Таблиця 1.3 - Розрахункова потужність підприємства

№Вар-та	P_{max} , МВт	Q_{max} , МВАр	Графік підприємства
---------	-----------------	------------------	---------------------

1	9	7.6	а
2	12	10.8	б
3	15	12.7	г
4	14	11.2	д
5	10	8	е
6	13	10.8	ж
7	8	7.2	з
8	9	8.1	н
9	10	8.5	к
10	11	9.3	л
11	9	8	м
12	8	7	н
13	7	6	о
14	6	5	п
15	7	5	р

Прийняти кількість днів взимку – 213, а влітку – 152 дні.

Підприємство працює у дві зміни по вісім годин.

1. Дані для розрахунків занести в табл. 1.4.

Таблиця 1.4. -Побудова добових графіків навантажень

періоди	Зимовий період		Літній період	
Години доби	P, %	P _{pt} , кВт	P, %	P _{pt} , кВт
Години доби	Q, %	Q _{pt} , кВАр	Q, %	Q _{pt} , кВАр

Визначити середньодобове активне і реактивне навантаження для добового зимового і літнього графіка.

2. Побудувати річні графіки активного і реактивного навантаження за даними табл. 1. 5 і 1.6.

Таблиця 1.5.- Дані для побудови річного графіка активного навантаження

№ ступеня графіка	P, %	P _{pt} , МВт	t _i , год	W _a , МВт·год
1	100			

n	min			
всього	-		8760	

Таблиця 1.6 - Дані для побудови річного графіка реактивного навантаження

№ ступеня графіка	Q, %	Q _{рт.} , МВар	t _i , год	W _p , МВар·год
1	100			
n	min			
всього	-		8760	

3. За річними графіками визначити:

-число годин використання максимального навантаження T_m ,

-спожиту підприємством електроенергію W_a (МВт·год) і

W_p (МВар · год,);

-середньорічне навантаження P_{cp} , Q_{cp} ;

-коефіцієнт заповнення графіка $\kappa_{з.г.}$.

2 РОЗРАХУНОК АВТОНОМНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Автономні системи використовуються там, де немає мереж централізованого електропостачання. Забезпечують електроживлення житлових навантажень, при відсутності зовнішньої лінії електропередачі. Для забезпечення енергією в темний час доби або в періоди без яскравого сонячного світла, необхідна акумуляторна батарея. Автономні фотоелектричні системи часто використовуються для електропостачання окремих будинків. Малі системи дозволяють жити базове навантаження. Основна перевага полягає в незалежності від мереж електропостачання та відповідно, плати за електроенергію. Структуру автономної сонячної електростанції (АСЕ) показано на рис.2.1.

Розрахувати АСЕ, рис 2.1 заміського будинку, в відповідності з варіантами табл. Б-1 (дод. Б).

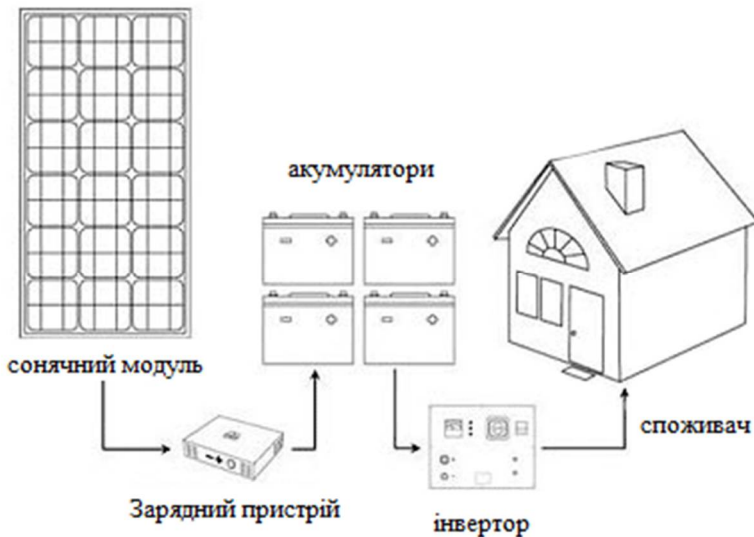


Рисунок. 2.1 - Структура автономної сонячної електростанції

Для проектування автономних сонячних електростанцій, потрібно визначити номінальну потужність сонячних модулів, їх кількість, ємність акумуляторних батарей, потужність інвертора і контролера заряду-розряду. При цьому необхідними даними для розрахунку потужності сонячної електростанції є:

- район розташування ;
- загальна площа даху;
- використовувані електроприлади;
- потужність і напруга електроприладів.

У табл. 2. 1 наведена потужність найбільш поширених електропобутових приладів замиського будинку.

1) Розрахунок навантаження АСЕ. При проектуванні АСЕ спочатку потрібно скласти список всіх споживачів електроенергії. Визначить напругу основної шини (ос) живлення. За основну шину живлення, приймається шина, до якої в нічний час доби підключається акумуляторна батарея (АКБ). Номінальна напруга основної шини живлення може становити 12 В, 24 В, 48 В, 96 В і т. п. Тобто напруга

основної шини повинна бути кратна 12 (24) В. Основними критеріями вибору номінальної напруги блоку АКБ є:

- а) наявність електроспоживачів постійного струму;
- б) загальна потужність системи.

Чим більше потужність системи, тим вище повинна бути номінальна напруга блоку АКБ. Для малопотужних систем (менше 1 кВт) можливе застосування АКБ з номінальною напругою 12 В. Для більш потужних систем рекомендується більш висока напруга, що забезпечує більш ефективну роботу інверторів і сприяє зменшенню струмів, що протікають через контролер, інвертор і сполучні кабелі.

Наступним кроком в розрахунку фотоелектричної системи буде визначення загальної розрахункової потужності вузла.

У випадку присутності в списку споживачів навантажень з різними типами і значенням напруг живлення необхідно перерахувати їх потужності на основну шину живлення АСЕ. Тоді потужності окремих навантажень на основну шину живлення перераховуються за формулою:

$$P_{oc,i} = P_{н,i} / \eta \quad (2.1)$$

де $P_{н,i}$ - потужність і-го споживача; $P_{oc,i}$ - потужність і-го споживача, перерахована на основну шину АСЕ; η - ККД автономного інвертора напруги (АІН) для приймача змінного струму (ККД АІН приймається рівним 0,8 ÷ 0,9).

Розрахункова потужність вузла:

$$P_p = \sum P_{pi} \\ P_{pi} = k_c \cdot P_{P_{oc,i}} \quad (2.2)$$

k_c — коефіцієнт попиту і-го споживача.

При точному розрахунку складається графік навантаження за добу, тобто залежність сумарної потужності навантаження споживачів від часу, що працюють в поточний момент часу. Для побудови типових добових графіків активної потужності, використовуються дані які засновані на багаторічних експериментальних дослідженнях житлових будинків. Користуючись типовими добовими графіками (рис. 8.2.) при відомому розрахунковому навантаженні (P_p) можна

перевести типовий графік (P , %) у графік навантаження даного споживача (АСЕ) в значенні активної потужності (P , кВт).

$$P_i = \frac{n\% \cdot P_p}{100\%}, \quad (2.3)$$

де P_i – потужність навантаження в певний час доби, кВт; n % – ордината відповідної ступені типового графіка %, P_p – максимальне навантаження, кВт;

Розрахунок добового споживання активної енергії здійснюється за формулою:

$$W_{\text{спож.}} = \sum P_i \cdot t_i, \quad (2.4)$$

Сонячна електростанція може жити електроприлади будинку за умови, що їх енергоспоживання не перевищує кількості електроенергії, виробленої АСЕ.

$$W_{\text{вир.}} = W_{\text{спож}} \quad (2.5)$$

2) Розрахунок кількості і потужності сонячної батареї. Перш за все, потрібно визначити сумарну потужність сонячних модулів, з яких буде складатися сонячна електростанція. Кількість необхідних сонячних модулів залежить від розміру майданчика для розміщення модулів та необхідної кількості електроенергії.

При розрахунку необхідно враховувати такі фактори, як:

- розташування сонячної електростанції;
- період використання (зима, літо або круглий рік);
- погодні умови, характерні для даної місцевості;
- наявність деталей, що затують сонячні модулі від прямого попадання сонячних променів (дерев, будівель і т. д.);
- можливість в конкретних умовах оптимальної орієнтування сонячних модулів (наприклад, належним чином орієнтовані і з максимально зручним нахилом схили дахів у разі розміщення модулів на даху);
- можливість стеження за сонцем по одній або двом координатам;
- вартість модуля.

При виборі типу фотоелектричних модулів для системи електропостачання вирішальним критерієм, як правило, є вартість одного Вт пікової потужності. Зазвичай модулі розташовують на дахах будинків при використанні АСЕ, або вбудовують в фасадні стіни, що дозволяє економити будівельні матеріали, а так-же робить модулі сучасним елементом дизайну будівель.

Спершу бажано обирати тип та виробника модулів, продукція якого представлена на вітчизняному ринку. Наприклад, в Україні широко реалізуються сонячні модулі фірми (Китай). Параметри модулів виробництва цієї компанії потужностями від 175 Вт до 350 Вт, розмірами від 1x1,28 м, 1x1,64 м, 1x1,95 м та 1x2,14 м.

Слід брати до уваги і той факт, що значення інсоляції навіть для одного і того ж дня в році і одного і того ж місця може сильно відрізнятись в залежності від орієнтації по відношенню до сонця майданчики з сонячними модулями. Тому при розрахунку кількості сонячної енергії, необхідної для роботи АСЕ, слід враховувати орієнтування майданчика, який сприймає енергію сонця. Рекомендується щоб майданчик для кріплення модулів був направлений на південь.

Для розрахунку потрібно брати значення інсоляції:

- для майданчика, нахил якої дорівнює широті місцевості, в тих випадках, коли необхідне вироблення максимально можливої кількості електроенергії протягом року в цілому;

- для майданчика, розташованого під кутом до горизонту великим широті місцевості на 15 градусів, в тих випадках, коли система працює цілий рік з однаковим навантаженням (така система виробляє більше електроенергії в літній період);

- для майданчика, орієнтованої оптимально (якщо конструкція передбачає зміну кута нахилу).

Для визначення середньомісячних значень сонячної інсоляції можна скористатися таблицею Б-1 (Місячна сонячна радіація м. Запоріжжя, дод. Б) при встановленні сонячних панелей :

- горизонтально;
- вертикально;
- під кутом 30°;
- при зміни кута нахилу за сезонами року (необхідно проводити сезонну зміну кута нахилу літо/зима/весна/осінь).

Розміщення сонячних модулів на майданчику (даху будинку).

Сонячні модулі на даху можуть розміщуватися:

- менша сторона модуля паралельна землі;
- більша сторона модуля паралельна землі.

Відповідно до цього на даху зі заданими розмірами модулі конкретних габаритів можуть бути розміщені у різній кількості. Бажано розміщати модулі одноманітно.

В таблицю зводимо результати розрахунку можливих варіантів розміщення сонячних модулів на даху заданих розмірів для забезпечення для забезпечення розрахункової потужності АСЕ.

Кількість енергії, що виробляється одним фотоелектричним модулем:

$$W_{\text{вир.}} = k \cdot P_w \cdot E / 1000 \quad (2.6)$$

P_w — потужність фотоелектричного модулю;

k - коефіцієнт, що враховує поправку на втрату потужності сонячних елементів при нагріванні на сонці, а також похиле падіння променів на поверхню модулів протягом дня. Величина $k = 0,5$ влітку і $k = 0,7$ в зимовий період. Різниця в його значенні взимку і влітку обумовлена меншим нагріванням елементів в зимовий період;

E - сонячна радіація, яка потрапляє на поверхню Землі (в горизонтальній площині, під кутом, обертання навколо полярної осі і т.д.) для обраної території.

У виразі (2.6) значення сонячної радіації за зазначений період (зима, літо) ділять на 1000, виходить так зване кількість пікочасов, тобто, умовний час, протягом якого сонце світить як би з інтенсивністю 1000 Вт / м². 1000 Вт значення стандартного потоку сонячного світла при якій панелі тестується на одному квадратному метрі (м²).

Сумарна потужність модулів з урахуванням балансу потужностей розраховується за формулою:

$$\Sigma P_w = 1000 \cdot W_{\text{спож}} / k \cdot E \quad (2.7)$$

де ΣP_w - сумарна потужність фотоелектричних модулів;

$W_{\text{спож}}$ - загальна спожита електроенергія (за добу), кВт·год;

Обираємо розміщення необхідної кількості модулів (в один ряд, в декілька рядів відповідно до розмірів майданчика для кріплення модулів) що забезпечує встановлену потужність АСЕ та найменшу вартість модулів.

Кількість модулів:

$$N = P_{\text{вст.}} / P_w$$

Округляємо отриману кількість до найближчого цілого значення.

Параметри обраного типу сонячного модулю зводимо в таблицю.

3) Розрахунок ємності акумуляторної батареї і потужності зарядного пристрою АСЕ. Для цього підбирається номінальна напруга блоку акумуляторних батарей (АКБ) і задається кількість годин працювання АСЕ від АКБ (годин, в які сонячна система буде працювати тільки від акумуляторів). Номінальна напруга блоку АКБ вибирається з урахуванням значення струму при генерації електроенергії.

Величина необхідної ємності батареї складає:

$$C = \frac{P}{k \cdot U} \cdot t \cdot k_{\Delta P} \cdot k_t \quad (2.8)$$

де C - необхідна ємність акумулятора, А · год;

P - розрахункове навантаження, Вт. Приймаємо що необхідне розрахункове навантаження АКБ дорівнює 30% від потужності АСЕ:

$P \approx 0,3 \cdot P_p$; P_p - вихідна (розрахункова) потужність АСЕ;

U - напруга АКБ, В;

t - час резервування (необхідний час автономної роботи акумулятора), ч;

k - коефіцієнт використання ємності акумуляторів (кількості електричної енергії, допустимої до використання споживачами). Зазвичай $k = 0,7$; У деяких випадках можна прийняти $k = 1$;

$k_{\Delta P}$ - коефіцієнт втрати потужності; $k_{\Delta P} = 1,2$

k_t - температурний коефіцієнт.

Час автономної роботи акумулятора приймаємо нічний час 12 год: (з 20 до 8 годин). У нічний час повинен АКБ забезпечувати необхідне навантаження споживача (освітлення, холодильник).

Втрати в АКБ при різних температурах враховуються за допомогою спеціальних температурних коефіцієнтів, які враховують

зменшення ємності АКБ при зниженні температури навколишнього середовища в приміщенні, де розміщені акумуляторні батареї (таблиця дод. Б). Так як АКБ АСЕ складається з n -послідовно-паралельному включення одиночних акумуляторних батарей, то вихідна потужність зарядного пристрою дорівнює:

$$P_{\text{зу}} = n \cdot I_{\text{мах.зар}} \cdot U_{\text{мах.зар}} = 1,375nI_{\text{мах,зар}}U_{\text{аб}}$$

$I_{\text{мах.зар}}, U_{\text{мах.зар}}$ - максимальний струм та напруга зарядного пристрою.

4) Вибір типу і потужності інвертора АСЕ. Інвертор є пристроєм, що дозволяє перетворювати постійний струм, отриманий від сонячних батарей, в змінний струм.

Обираємо автономний інвертор (однофазний) з синусоїдальною вихідною напругою.

Вибір інвертора здійснюється за кількома параметрами:

- вхідна напруга;
- номінальна і максимальна (пікова) потужність.:

$$U_{\text{вход.инв}} = U_{\text{ос.ш}} \quad (2.9)$$

$$P_{\text{ном.инв}} \geq P_p \quad (2.10)$$

$$P_{\text{макс.инв}} \geq P_{\text{макс.нагр}} \quad \text{або} \quad P_{\text{ном.инв}} \cdot k_{\text{перегр}} \geq P_p \cdot 1,3 \quad (2.11)$$

де $k_{\text{перегр}} = 1,5 \div 1,55$ в залежності від моделі інвертора.

Деякі споживачі електричної енергії мають пускові струми, які значно перевищують номінальний струм. Так, електронасос, холодильник в момент пуску споживають потужність в 3-4 рази, більшу, ніж зазначено в паспорті. Тому максимальна потужність інвертора повинна бути більше потужності навантаження збільшеною на 30%.

Визначаємо максимальну потужність навантаження. Вибираємо інвертор (таблиця дод. Б).

5) Вибір контролера. Контролер заряду - ключовий елемент для продуктивної роботи батарей на фотоелементах. Це пристрій розподіляє потоки електроенергії, отриманої за допомогою сонячної панелі. Використовується для збільшення вироблення енергії сонячними батареями, без додавання сонячних панелей. Крім того,

контролер дозволяє забезпечити бажану вхідну напругу, режим зарядки акумуляторних батарей.

Існує три види контролера сонячних батарей:

1. «On/Off», схема просто комутує сонячні батареї к акумуляторам за величиною напруги на клеммах;

2. ШІМ (Широтно-імпульсна модуляція) контролери – управляє силовим блоком для регулювання напруги в певному проміжку за допомогою сигналів зворотного зв'язку.

3. МРРТ – контролер – пристрій що працює на основі широтно-імпульсного перетворення, але при цьому відстежує максимальну величину потужності, яку можуть видати сонячні панелі. Точка максимальної потужності (ТМП) визначається значенням $U_{\max}$ та $I_{\max}$ при різному значенні густини потоку випромінювання. Типову ВАХ и залежність потужності фотоелектричних панелей наведено на рис 2.2.

Вибір контролера здійснюємо за даними струму АКБ, напруги ХХ сонячної батареї та номінальної потужності сонячної батареї. Напруга ХХ означає напругу контролера на вході.

$$U_{\text{вход.контр}} \geq U_{\text{ХХ сол.пан}} \quad (2.12)$$

$$I_{\text{ном.контр}} \geq I_{\text{max.АКБ}} \quad (2.13)$$

$$P_{\text{ном.контр}} \geq P_{\text{ном.сол.пан}} \quad (2.14)$$

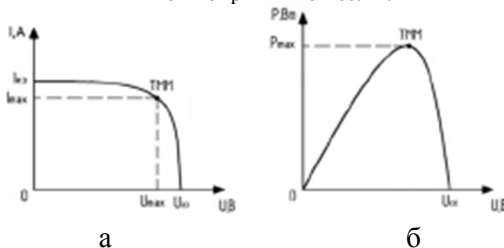


Рисунок. 2.2. - Типова ВАХ (а) и залежність потужності (б) фотоелектричних панелей

Визначаємо сумарні витрати для АСЕ.

Приклад. Розрахунок автономної сонячної електростанції.

Розрахувати автономну сонячну електростанцію (АСЕ), рис 2.1 заміського будинку.

1. У табл. 2.1. наведена потужність найбільш поширених електропобутових приладів заміського будинку. Споживачі змінної напруги (№ 1-№ 9) підключаються до основної шини живлення АСЕ

через автономні інвертори напруги. Споживач (№ 10, № 11 табл. 2.1) підключається «безпосередньо» до основної шини (ос) живлення.

Таблиця. 2.1. - Потужність електроприладів заміського будинку.

№ п/п	Навантаження	Напруга, потужність,	Потужність на основ ної шині,	Кількіст ь п	Коефіцієнт попиту	Розр. Потужність
		U, В; P _н , Вт	P _{ос} , Вт	шт.	k _c	P _p , Вт
1	електричний чайник,	~220В; 1000 Вт	1250	1	0,4	500
2.	СВЧ піч,	~ 20В, 1500 Вт,	1666,7	1	0,36	600
3.	холодильник,	~ 220В, 350 Вт,	437,5	1	0,5	218,75
4.	телевізор	~ 220В, 296 Вт,	329	1	0,5	164,5
5	електрична праска	~ 220В, 1200 Вт,	1333,3	1	0,42	562,5
6	комп'ютер	~ 220В, 350 Вт,	437,5	1	0,6	262,5
7	електропилесос	~ 220В, 700 Вт,	875	1	0,4	350
8	кондиціонер	~ 220В, 1000 Вт,	1250	0	0,4	0
9	розетки	~ 220В, 500 Вт,	555,5	2	0,5	277,75
10	освітлення залу	= 48 В, 50 Вт	50	1	0,8	40
11	освітлення кухні і туалету	= 48 В, 30 Вт	30	1	0,8	24
	Разом		8214,5			3000

Потужності окремих навантажень на основну шину живлення ($P_{oc,i}$) перераховуються за виразом 2.1. Сумарна розрахункова потужність вузла визначається за виразом 2.2.

Користуючись типовими добовими графіками (рис. 2.3) при відомому розрахунковому навантаженні (P_p) можна перевести типовий графік (P, %) у графік навантаження даного споживача (АСЕ) в значенні активної потужності (P, кВт).

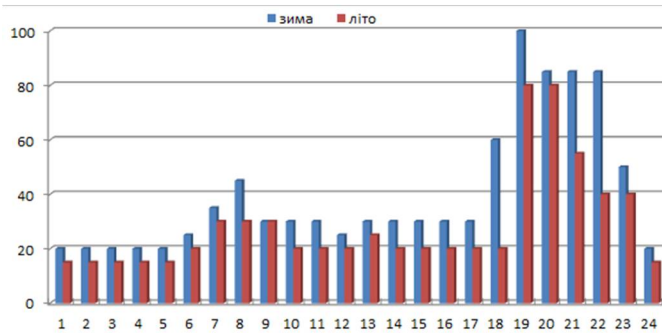


Рисунок. 2.3. – Добовий графік активної потужності в зимовий і літній період

У табл. 2.2 наведені дані добового графіка активних навантажень (%) для зимового і літнього періоду.

Згідно розрахунку (табл. 2.1) вихідна (розрахункова) потужність АСЕ $P_p = 3000 \text{ Вт}$. У табл. 2.2 розрахована потужність навантаження АСЕ в певний час доби, кВт.

Таблиця.2.2. - Дані добового графіка активних навантажень

t	Зима			Літо		
	n, %	P, кВт	W _{спож.}	n, %	P, кВт	W _{спож.}
1	20	0,6	0,6	15	0,45	0,45
2	20	0,6	0,6	15	0,45	0,45
3	20	0,6	0,6	15	0,45	0,45
4	20	0,6	0,6	15	0,45	0,45
5	20	0,6	0,6	15	0,45	0,45
6	25	0,75	0,75	20	0,6	0,6
7	35	1,05	1,05	30	0,9	0,9
8	45	1,35	1,35	30	0,9	0,9
9	30	0,9	0,9	30	0,9	0,9
10	30	0,9	0,9	20	0,6	0,6
11	30	0,9	0,9	20	0,6	0,6
12	25	0,75	0,75	20	0,6	0,6
13	30	0,9	0,9	25	0,75	0,75
14	30	0,9	0,9	20	0,6	0,6
15	30	0,9	0,9	20	0,6	0,6
16	30	0,9	0,9	20	0,6	0,6
17	30	0,9	0,9	20	0,6	0,6
18	60	1,8	1,8	20	0,6	0,6
19	100	3	3	80	2,4	2,4

20	85	2,55	2,55	80	2,4	2,4
21	85	2,55	2,55	55	1,65	1,65
22	85	2,55	2,55	40	1,2	1,2
23	50	1,5	1,5	40	1,2	1,2
24	20	0,6	0,6	15	0,45	0,45
Σ	-	28,65	28,65	-	20,4	20,4

Результати розрахунку споживання активної енергії (за добу та за місяць) зводимо в табл. 2.3.

Таблиця. 2.3 - Дані споживання активної електроенергії

Сезон	$W_{\text{спож.}}, \text{кВт}\cdot\text{год}$	
	доба	місяць
зима	28,65	$28,65 \times 30 = 859,5$
літо	20,4	$20,4 \times 30 = 612$

2. Обираємо модулі – полікристалічні.

АСЕ знаходиться в м. Запоріжжя, координати якого дорівнюють - 47° північної широти і 35° східної довготи.

Якщо конструкція передбачає зміну кута нахилу в м. Запоріжжя то :

- для літнього періоду під кутом до горизонту меншим широти місцевості на 15° градусів: $47^\circ - 15^\circ = 32^\circ \approx 30^\circ$;
- для зимового - більшим широти місцевості на 15° : $47^\circ + 15^\circ = 62^\circ$;
- для весняного і осіннього періоду кут нахилу сонячної панелі, дорівнює широті місцевості 47° .

Середньомісячні значення сонячної інсоляції наведені в табл. Б-2 (дод. Б).

Денна сонячна радіація наведена у табл. 2.4.

Таблиця. 2.4 - Денна сонячна радіація м. Запоріжжя, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$

Горизонтальна панель	Вертикальна панель	Кут 30°	Зміна кута	Місяць
1,05	1,7	1,8	1,91	грудень
1,05	2	1,9	2,24	січень
1,85	2,71	2,78	3,4	лютий
3,08	3,2	3,95	5,06	березень
4,85	3,44	3,95	5,06	квітень
6,109	3,13	6,058	3,68	травень
6,99	3,066	6,59	9,79	червень

6,11	2,96	5,95	8,68	липень
5,63	3,61	6,13	8,91	серпень
4,26	4,1	5,48	7,63	вересень
2,63	3,75	4,02	5,3	жовтень
1,5	2,88	2,67	3,3	листопад

З табл. 2.4 робимо висновок, що найкраще розташувати сонячні панелі зі зміною кута к горизонту, оскільки при цьому найбільша кількість потрапляння сонячної енергії на одиницю площі.

Розрахуємо сонячну радіацію за сезонами року (впродовж дня) зі зміною кута к горизонту (табл. 2.5).

Таблиця. 2.5.- Сонячна радіація, кВт·год/м² за сезонами року

Зміна кута	2,52	7,01	9,13	5,41
сезон	зима	весна	літо	осінь

Майданчик для кріплення модулів (дах будинку) виконано у вигляді площині $A = 15\text{ м}$; $B = 6\text{ м}$;

Таблиця.2.6. - Вихідні дані:даху для попереднього вибору модуля

Тип даху	Розміри			Вихідна (розрахункова) потужність ACE
	A, м	B, м	S, м ²	
Площина	15	6	90	Pr = 3кВт

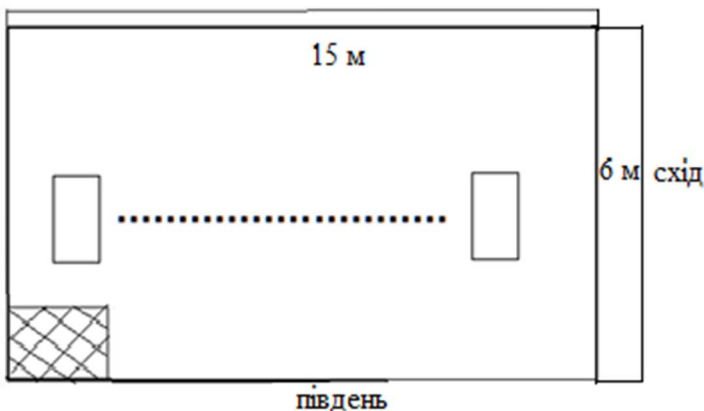


Рисунок. 2.4. - Приклад даху

Обираємо розміщення модуля - менша сторона модуля паралельна землі.

В табл. 2.7 наведено результати розрахунку максимальної кількості модулів, що можуть бути розміщені на даху із заданими розмірами для забезпечення розрахункової потужності АСЕ.

Таблиця. 2.7. - Результати розрахунку максимально кількості модулів, що можуть бути розміщені на даху

Розміщення модулів	Розміри модуля, м	Кількість рядків матриці модулів на даху	Кількість стовпців матриці модулів на даху	Максимальна кількість модулів на даху
	1x1,28	4	14	56
	1x1,64	3	14	42
	1x1,95	3	14	42
	1x2,14	2	14	28

Добове споживання електроенергії:

$W = 28,65 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ (взимку),

$W = 20,45 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ (влітку).

Розрахуємо сумарну потужність сонячних модулів з урахуванням споживання електроенергії:

взимку $\Sigma P = 1000 \cdot 28,65 / 0,7252 = 16241,5 \text{ Вт} \approx 16,24 \text{ кВт}$,

влітку $\Sigma P = 1000 \cdot 20,45 / 0,5913 = 4479,7 \text{ Вт} \approx 4,5 \text{ кВт}$.

При використанні сонячних панелей (влітку) встановлена потужність АСЕ: $P_{\text{вст.}} = 4,5 \text{ кВт}$.

Таблиця. 2.8. - Результати розрахунку можливих варіантів розміщення сонячних модулів

Потужність модулів Pw,Вт	Вартість модулів, у.о.	Розміри модуля, м	Максимальна кількість модулів на даху	Для забезпечення встановленої потужності Pвст, кВт		Сумарна потуж- ність, кВт
				Pвст=4,5кВт		
				кількість модулів	вартість модулів, у.о.	

175	150	1x1,28	56	26	3900	4,55
250	207	1x1,64	42	18	3726	4,5
300	245	1x1,95	42	15	3675	4,5
335	256	1x2,14	28	14	3584	4,690
350	270	1x2,14	28	13	3510	4,55

В результаті аналізу даних табл. 2.8 можна встановити, що розміщення 14 модулів (в один ряд) потужністю 335 Вт забезпечує вартість модулів – 3584у.о., та характеризується встановленою потужністю **4,7 кВт**. Обираємо парну кількість модулів.

Параметри сонячного модулю потужністю 335 Вт наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2. 9. - Параметри модулю PLM - 335M-80US1

Номинальний ККД, %	15,6
Максимальна потужність (потужність в точці максимальної потужності (ТМП)), P _{mp} , Вт	334,91
Номинальна напруга (напруга в ТМП), V _{mp} , В.....	41,5
Номинальний струм (струм в ТМП), I _{mp} , А.....	8,1
Постійна напруга ненавантаженого режиму, V _{oc} , В.....	49,9
Струм короткого замикання, I _{sc} , А.....	9,0

3. У розглянутому прикладі номінальна напруга АКБ дорівнює напруги основної шини живлення. Використовується напруга 48 В, U_{ос} = U_{АКБ} = 48В. Розрахуємо струм для основної шини живлення:

$$I_{ос} = P_p / U_{ос} = \frac{3000}{48} = 62,5 \text{ А}$$

Обираємо кабельну лінію марки АВВГ (2×35), I_{доп.} = 90А.

Ємність АКБ (U = 12В) визначається по співвідношенню (2.8):

$$C = \frac{0,3 \cdot 3000}{12} \cdot 12 \cdot 1,2 \cdot 1,04 = 1123,3 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Мінімально необхідна ємність АКБ становить 1123,3 А·год. З огляду на, що в реальності батареї не працюють в розрахункових

ідеальних умовах, слід підбирати акумулятори з запасом по ємності не менше 10-20%. Тобто сумарна ємність АКБ повинна бути 1200А·год. Для забезпечення сумарної ємності АКБ виконується паралельне з'єднання стандартного ряду АКБ. Вибираємо (таблиця, додаток Б) АКБ: GX 12-200 (гель), напруга: 12В, ємність 200А·ч.

При паралельному з'єднанні: $U = \text{const}$; $C = \Sigma C_i$.

При послідовному з'єднанні: $C = \text{const}$; $U = \Sigma U_i$.



Рисунок 2.4 -З'єднання АКБ

При паралельному з'єднанні АКБ (рис 2.4) з урахуванням ступеня розряду АКБ:

$$C = \Sigma C_i = 6 \times 200 = 1200 \text{ А} \cdot \text{год} > 1123,3 \text{ А} \cdot \text{год} ;$$

$$U = 12 \text{ В}$$

Параметри акумулятора наведені в таблиці 2.10.

Таблиця. 2.10. - Параметри акумулятора GX 12-200.

Тип акумулятора	GEL(гелевий)
Номинальна напруга, В	12
Номинальна ємність, А · год	200
Мінімальний струм заряду, А	20
Максимальний струм заряду, А	40

Для заряду акумулятора 12-вольта ($U_{аб} = 12 \text{ В}$) максимальна вихідна напруга зарядного пристрою $U_{\text{мах, зар}} = 1,375 U_{аб} = 16,5 \text{ В}$.

4. Для вибору інвертора розрахуємо пікову потужність навантаження:

Визначаємо максимальну потужність :

$$P_{\text{макс.нагр}} = 3000 \cdot 1,3 = 3,9 \text{ кВт}$$

Вибираємо інвертор (таблиця, додаток Б) типу Quattro 48/5000/70-100/100, 4000 Вт, 5000ВА, чистий синус, 48В, ККД 93%.

$$48 \text{ В} = 48 \text{ В}$$

$$4 > 3 \text{ кВт}$$

$$1,5 \cdot 4 > 3,9 \text{ кВт або } 6 > 3,9 \text{ кВт}$$

Характеристики обраного інвертора наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11. - Параметри інвертора типу Quattro 48/5000/70-100/100

Номінальна потужність		ККД , %	U _{вх} /U _{вих} , В	Максимальна потужність, кВт
Р _{ном} , кВт	Ш _{ном} , кВА			
4 кВт	5 кВА	93	48/220	6

5. Обираємо контролер за виразами (2.12-2.14) (таблиця, додаток Б) марки MPPT, що працює на основі ШІМ, але при цьому відстежується максимальна величина потужності, яку можуть видати сонячні панелі.

$$150\text{В} \geq 49,9$$

$$45\text{А} \geq 40$$

$$2160\text{Вт} \geq 1675(5 \cdot 335)$$

Виходячи з кількості паралельно з'єднаних гілок m АБ для будинку вибираємо кількість 6 шт MPPT контролерів на струм 45 А. Контролер MPPT TRACER ET4415BND 12/24/48V 45A , технічні характеристики якого представлені у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12. - Технічні характеристики контролера MPPT TRACER ET4415BND 12/24/48V 45A

Алгоритм заряду	MPPT
Номінальна напруга	12/ 24/ 48 авто вибір
Напруга системи, В	12/24/ 48 (автоматичне)
Максимальний струм на вході, А	45
Напруга на вході, В	150
Тип акумулятора	GX 12-200
Максимальна потужність сонячної панелі , Вт	- 540 Вт (12В), 1080Вт (24В), -2160Вт (48В)

Визначаємо сумарні витрати для АСЕ

Таблиця. 2.13. - Сумарні витрати для АСЕ

Найменування	Кількість , шт	Ціна за шт., у.о.	Загальна вартість, у.о.
PLM - 335M-80US1	14	256	3 584
Акумуляторна батарея GX 12-200	6	507	3042

MPPT TRACER ET4415BND 12/24/48V 45A	6	375,4	2252,4
Інвертор Quattro 48/5000/70-100/100	1		3108(EUR) $\approx$ 3854
купівля і монтаж кабелю та апаратів захисту			300
Разом			13032,4

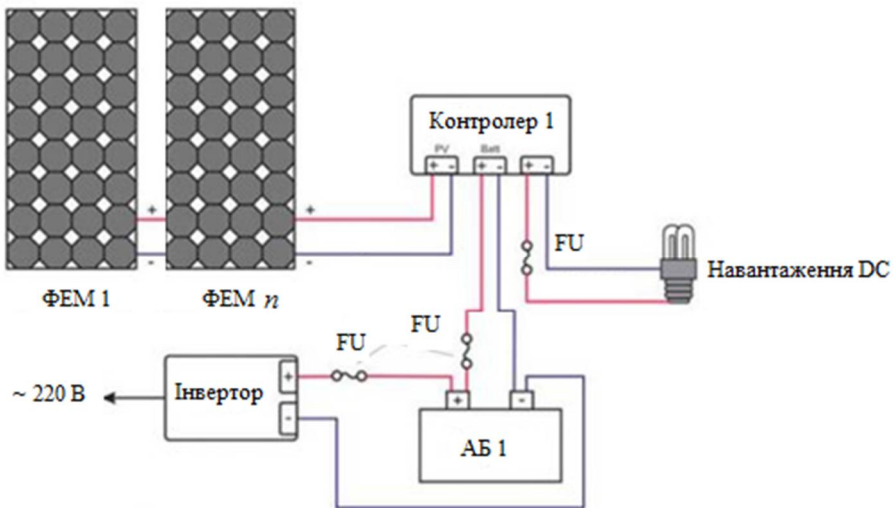


Рисунок 2.5 – Спрощена схема ACE

ЛІТЕРАТУРА

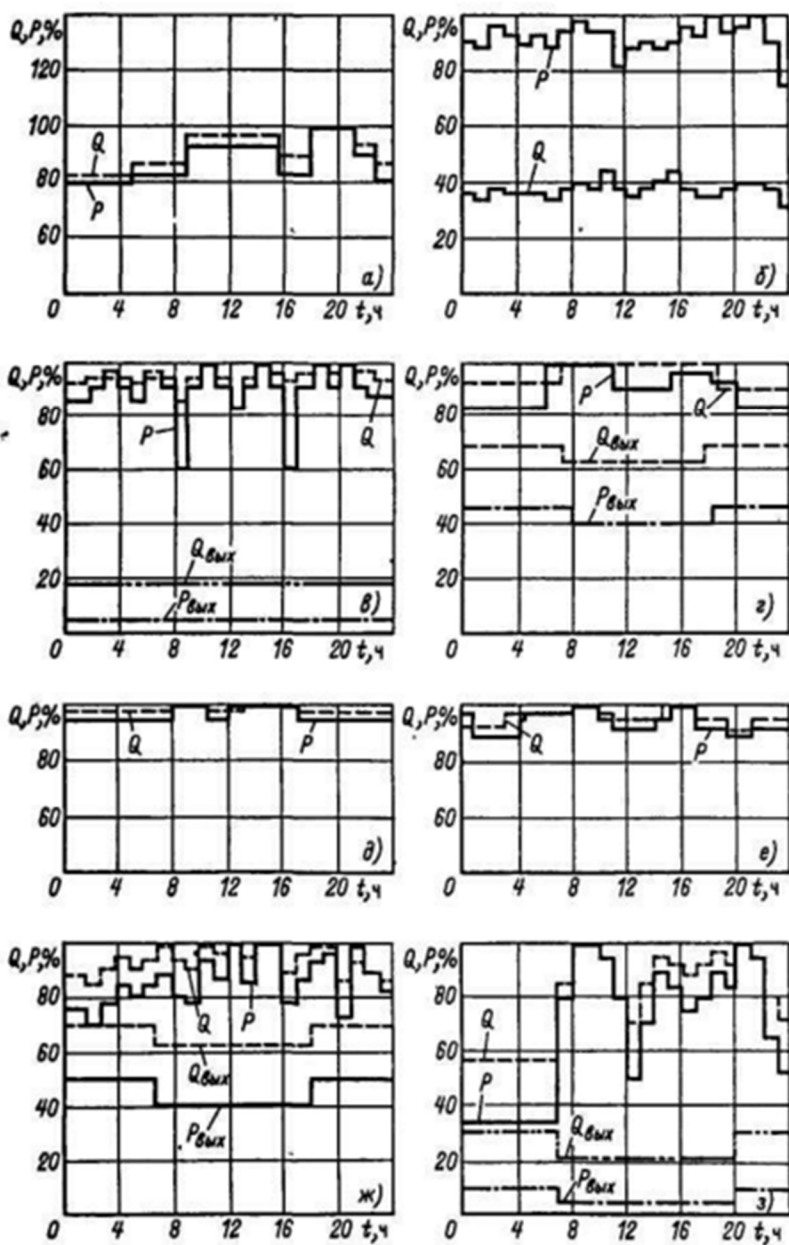
1. Відновлювальні джерела енергії у локальних об'єктах / Ю.І. Якименко, Є.І. Сокол, В.Я. Жуйков, Ю.С. Петергеря, О.Л. Іванін. – К.: ІВЦ „Політехніка”, 2001. – 114 с.
2. Бскіров Е.А. Автономні джерела живлення на базі сонячних батарей. – Сімферополь: ВД «Аріал», 2011. – 484 с.
3. Возобновляемые источники энергии: монография / С.П. Кундас, С.С. Позняк, Л.В. Шенец; МГЭУ им. А. Д. Сахарова. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 315 с.
4. Нетрадиционные источники энергии. Учебное пособие / Ю.А. Лосюк, В.В. Кузьмич. – Мн.: УП «Технопринт», 2005, 234 с.
5. Германович В. Турилин А. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, Солнца, воды, земли, биомассы. – СПб.: Наука и техника, 2011. – 320 с.
6. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии: учеб. пособие – СПб. : Изд-во политехн. ун-та, 2008, 224 с.
7. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали. – НАНУ: Академперіодика, 2006.
8. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії. – К.: ІВЦ "Видавництво"Політехніка", 2003. – 232 с.
9. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії: Навч. посібник / О.І. Соловей, Ю.А. Лега, В.П. Розен, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбаса. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 483 с.
10. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І. Соловей, В.П. Розен, Ю.Г. Лега, О.О. Ситник А.В. Чернявський, Г.В. Курбаса. – Черкаси, 2005. – 299 с.
11. Відновлювані джерела енергії (досвід Польщі для України) : навч. посіб. / Р. Титко, В. М. Калініченко. – Варшава; Краків; Полтава : OWG, 2010. – 530 с. – ISBN 978-83-928382-1-0.
12. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії / Бевз С. М. [та ін.] ; під заг. ред. А. К. Шидловського ; НАН України, П-во «Укреноергозбереження». – К. : Українські енциклопедичні знання, 2007. – 560 с. – (Енергетика України на початку ХХІ століття ; т. 4). – ISBN 978- 8578-08-3

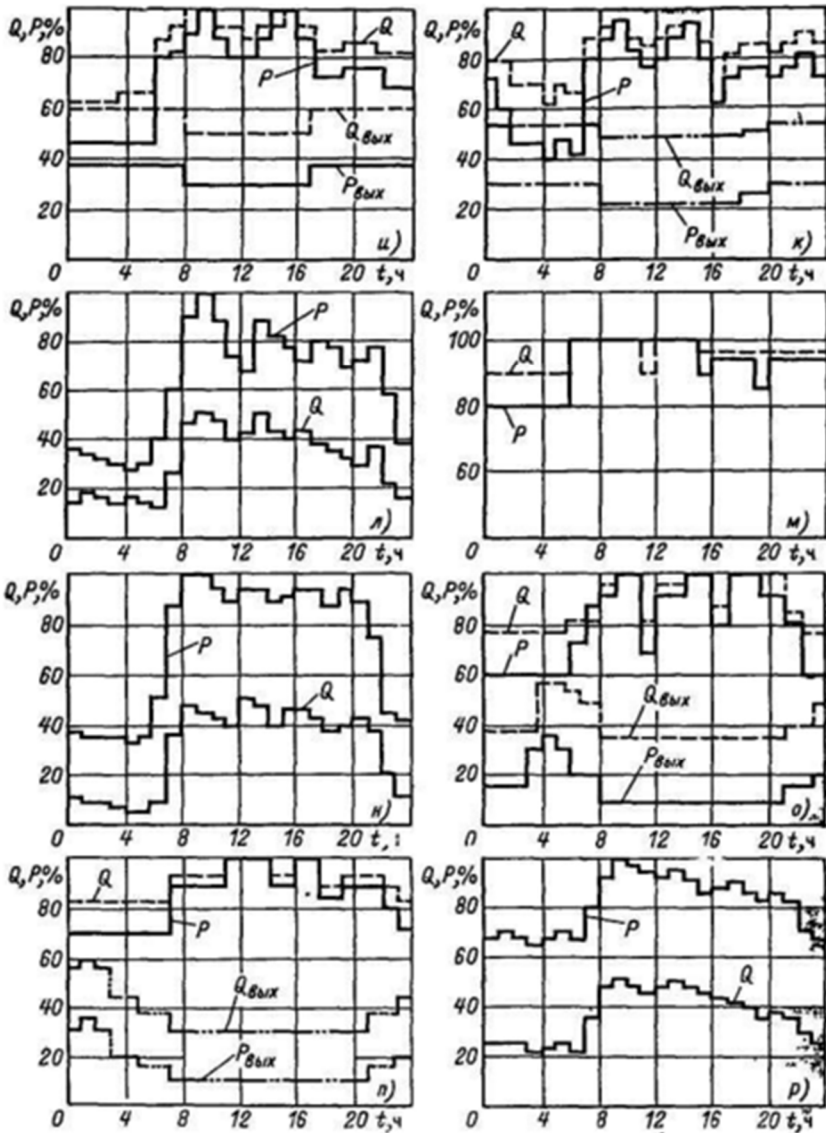
ДОДАТОК А

ХАРАКТЕРНІ ГРАФІКИ ДОБОВИХ АКТИВНИХ І РЕАКТИВНИХ
НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВРІЗНИХ ГАЛУЗЕЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ

Таблиця А-1-Графіки навантажень різних галузей промисловості

а) вуглевидобуток;	д) кольорової металургії;
б) нафтоперероблення;	е) хімічної промисловості;
в) торфорозробки;	ж) важкого машинобудування;
г) чорної металургії;	з) ремонтно-механічних заводів;
и) верстатобудівної промисловості;	н) легкої промисловості;
к) автомобільної промисловості;	о) прядильно-ткацьких фабрик;
л) деревообробної промисловості;	п) друкованих та оздоблювальних фабрик;
м) целюлозно-паперової промисловості;	р) харчової промисловості





P, Q - активне і реактивне навантаження робочого дня; $P_{\text{вих}}, Q_{\text{вих}}$ - активне і реактивне навантаження вихідного дня.

ДОДАТОК Б

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Таблиця Б-1 - Варіанти для завдання 2
Розрахунок Автономної сонячної електростанції

№Вар-та	Вид і кількістьспоживачів (3-й стовпець табл. 2.1)									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1	2	0	1	1	1
3	1	1	2	1	1	1	1	0	1	1
4	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
5	1	0	2	0	1	1	1	0	1	1
6	1	0	2	1	1	2	0	1	1	11
7	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
8	1	0	1	1	0	2	1	0	1	1
9	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1

Таблиця Б-2 - Місячна сонячна радіація м. Запоріжжя, кВт·год/м²

Горизонтальна панель	32,6	32,4	52,9	95,5	145,5	189,4	209,9	189,7	174,7	127,8	81,7	45,0
Вертикальна панель	52,7	62,1	75,9	99,5	103,0	97,1	92,0	91,8	112,1	123,2	116,5	86,4
Кут 30°	55,3	57,1	77,9	122,5	161,6	187,8	197,7	184,5	189,9	164,6	124,7	80,2
Зміна кута	57,3	69,4	96	157	218,4	269	293,6	269,1	276,1	229	164,4	102,3
Місяць	грудень	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад

Зміна кута: Взімку кут нахилу до горизонту дорівнює 62 °; влітку - під кутом 30°, весняно- осінній під кутом 47 °.

Таблиця Б-3 - Параметри акумуляторних батарей (КНР)

№	Акумуляторна батарея«Delta»	Технологія	Вартість
1	DT 1212, U=12В, ємність:12Ач, розмір:151*98*65мм,	AGM	24,5\$.
2	DTM 12-17, U=12В, C=17Ач, розмір:181x77x167мм;	AGM	40,2 \$
3	HR 12-18, U=12В, C=18, розмір:181x77x167мм;	AGM	48,9 \$
4	DTM 12-33, U=12В, C=33Ач, розмір:195x130x155мм;	AGM	89,1\$
5	DTM 12-40, U=12В, C=40Ач, розмір:197x165x170мм;	AGM	108,3 \$
6	DTM 12-65, U=12В, C=65Ач, розмір:350x167x179мм;	AGM	169,5\$
7	DTM 12100, U=12В, C=100Ач, розмір:330x171x214мм;	AGM	218,5 \$.
8	DTM 12120, U=12В, C=120Ач, розмір:410x176x227мм;	AGM	265,7 \$
9	DTM 12150, U=12В, C=150Ач, розмір:485x172x240мм;	AGM	328,6 \$
10	DTM 12200, U=12В, C=200Ач, розмір:522x238x218мм;	AGM	428,3\$
11	GX 12-65, U=12В, C=65Ач, розмір:350x167x179мм;	GEL	218,5\$
12	GX 12-100,U=12В, C=100Ач, розмір:410x176x227мм;	GEL	2362,2\$
13	GX 12-150, U=12В, C=150Ач, розмір:428x176x240мм;	GEL	419,5\$
14	GX 12-200, U=12В, C=200Ач, розмір:522x238x218мм;	GEL	507\$

Таблиця Б-4 - Параметри інверторів
Інвертори VictronEnergy / Без контроллера заряду

Тип	Потужність, Рном, кВт	Потужність, Sном, кВА	Максимальна на потужність, Рmax, кВт	cosφ	$\frac{U_{вх}}{U_{вих}}$ В	Кількість фаз	Вартість (EUR)
Інвертор Multi 24/500/10-16	0,4 кВт	0,5 кВА	0,6	0,8	$\frac{24}{220}$	1	576
Інвертор MultiPlus C 24/800/16-16	0,65 кВт	0,8 кВА	0,975	0,8	$\frac{24}{220}$	1	883,2
Інвертор MultiPlus 24/1200/25	1 кВт	1,2 кВА	1,5	0,83	$\frac{24}{220}$	1	996
Інвертор MultiPlus C 12/1600/70-16	1.3 кВт	1.6 кВА	1,95	0,81	$\frac{12}{220}$	1	1 130,4
Інвертор EasySolar 48/3000/35-50 MPPT	2,4	3 кВА	3,600	0,8	$\frac{48}{220}$	1	1 695,6
Інвертор Quattro 48/5000/70-100/100	4 кВт,	5 кВА	6	0,8	$\frac{48}{220}$	1	3 108
Quattro 48/8000/110-100/100	6.5 кВт	8 кВА	9,75	0,81	$\frac{48}{220}$	1	3 993,6
Інвертор Quattro 48/10000/140-100/100	8 кВт	10 кВА	12	0,8	$\frac{48}{220}$	1	4 772,4
Інвертор Quattro 48/15000/200-100/100	12 кВт	15 кВА	18,25	0,8	$\frac{48}{220}$	1	6 600

Таблиця Б-5 - Параметри контролерів

тип	Номинальне навантаження, В	Максимальний струм на вході, А	Потужність сонячних панелей	Напруга на вході	Технологія	Вартість, \$
MPPT TRACER-1210RN,10A, 12/24V	12/24	10	- 120 Вт (12В), -240 Вт (24В)	150V DC	MPPT	83,9
MPPT TRACER-2215RN, 20A, 12/24V	12/24	20	-240 Вт (12В), -480 Вт (24В)	150V DC	MPPT	135,8
MPPT TRACER-3215RN,30A, 12/24V	12/24	30	- 360 Вт (12В), -720 Вт (24В)	150V DC	MPPT	177,8
MPPT TRACER4210RN, 40A, 12/24V	12/24	40	- 480 Вт (12В), 960 Вт (24В)	150V DC	MPPT	187,8
MPPT TRACER ET4415BND 12/24/48V 45A	12/ 24/ 48	45	- 540 Вт (12В), 1080Вт (24В), 2160Вт (48В)	150V DC	MPPT	375, 4
CM20 10A 12V/24V	12/24	10 A	120 ватт (12В), -240 ватт (24В)		PWM (ШИМ)	18,9
CM20 15A 12V/24V	12/24	15 A	150 ватт (12В), 360 ватт (24В)		PWM (ШИМ)	27,8
CM20 20A 12V/24V	12/24	15 A	- 240 ватт (12В), 480 ватт (24В)		PWM (ШИМ)	31,9

CM30 20A 12V/24V	12/24	20 A	- 240ватт (12В), -480 ватт (24В)		PWM (ШИМ)	58,9
CM30 20A 48V	48	20 A	960 ватт (48В)		PWM (ШИМ)	83,9
CM30 30A 12V/24V	12/24	30	360 ватт (12В), -720 ватт (24В)	-	PWM (ШИМ)	72,9
CM30 30A 48V	48	30 A	1440 ватт (48В)		PWM (ШИМ)	95,9
CM50 50A 12V/24V	12/24	50 A	- 600 ватт (12В), 1200 ватт (24В)		PWM (ШИМ)	109,8
CM50 50A 48V	48	50 A	-2400 ватт(48В)		PWM (ШИМ)	139,8
CM60 60A 12V/24V	12/24	60 A	- 720 ватт (12В), 1440 ватт (24В)		PWM (ШИМ)	142
CM60 60A 48V	48	60 A	2880 ватт (48В)		PWM (ШИМ)	163,8

Таблиця Б-6 - Коефіцієнти потужності окремих побутових електроприймачів

типи споживачів	$\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$
лампи розжарювання	1,0 / 0
Люмінісцентні лампи	0,92 / 0,426
Холодильники	0,65 / 1,168
Насоси, вентилятори, кондиціонери до 4 кВт	0,75 / 0,882
Те ж, при потужності двигуна понад 4 кВт	0,85 / 0,62
телерадіоапаратура	0,65 / 1,168
Водонагрівачі,	1,0 / 0
сауни	1,0 / 0
Джакузі, СВЧ-печі	0,8 / 0,75
Персональні комп'ютери	0,65 / 1,168