

1. В.А. Гуреев, В.Н. Сулейманов, О.В. Сулейманова, Н. Реза. Принципы построения информационной части модели электроэнергетики Украины. // Электропанорама, № 12, 2011.
2. Гуреев В.А., Сулейманова О.В. Разработка архитектуры мини базы знаний противонаварийных тренировок // Энергетика и электрификация. 1987. – № 1, С.44-46.
3. Гуреев В.А., Редковский Н.Н., Суманенков В.Г. Информационная технология управления сложными распределенными техническими системами. // Информационные технологии и новейшее применение теории управления (Автоматика-94): Тез. докл. 1-й Украинской конф. по авт. упр. – К.: 1994. – Ч. 1, С.230-231.
4. Рик Гринвальд, Роберт Стаковьяк, Джонатан Стерн. Oracle11g. Основы – Символ-Плюс, 2009. – 464 с.
5. С. Фейерштейн, Б. Прибыл. Oracle PL/SQL. Для профессионалов – Питер, 2011. – 800 с.
6. Oracle® SQL Developer User's Guide.

*Поступила 10.09.2018р.*

УДК 621.311.68

О.М. Шам, Київ

## РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ АУТОНОМНОЇ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

**Abstract.** The article presents the calculation of the parameters of the autonomous system of street lighting based on solar panels. Show the advantages and disadvantages of these systems.

### **Вступ**

Рівень енергоспоживання постійно зростає, тому гостро постає проблема нестачі енергетичних ресурсів, а електричні мережі наразі не можуть скрізь забезпечити стабільність енергопостачання, та якість параметрів електричної енергії. Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є створення власних систем енергозабезпечення для таких споживачів з використанням відновлювальних джерел енергії.

Великий відсоток електроенергії припадає на потреби вуличного освітлення, яке до того ж, має низький рівень автоматизації. Для вирішення цієї задачі пропонується модернізація вуличного освітлення, шляхом впровадження автономних систем живлення на базі фотоелектричних перетворювачів (рис. 1). Це дозволить знизити навантаження на електричну мережу, підвищити якість освітлення, та організувати зовнішнє освітлення у важкодоступних районах, без необхідності прокладки ліній електропередач.



Рис. 1. Зовнішній вигляд автономної системи

Відмінною особливістю автономних вуличних світильників є зручність їх застосування, так як для їх роботи не потрібно прокладки кабелів електроживлення, завдяки чому знижуються витрати на їх установку і експлуатацію.

До складу фотоелектричної системи входить:

- фотоелектричний модуль, що перетворює сонячне світло в електроенергію;
- акумулятор, для накопичення енергії;
- освітлювальна установка, (оскільки найбільш економічними джерелами світла є світлодіодні світильники, пропонується використовувати саме їх);
- інвертор, для перетворення струму постійної напруги у змінну (не потрібен у випадку світлодіодного світильника з живленням 12В);
- контролер, який оптимізує рівень зарядки / розрядки акумулятора, та керує роботою освітлювальної установки. В залежності від моделі він може підтримувати кілька режимів роботи:

а) автоматичне увімкнення та вимкнення в залежності від рівня освітленості;

б) безперервну роботу протягом всієї ночі;

в) роботу згідно заданого графіку.

Безумовно, усі електронні пристрої фотоелектричної системи мають бути забезпечені захистом від короткого замикання, перегріву і перевантаження, що забезпечує надійність і ефективність роботи системи.

### **Принцип роботи системи**

Впродовж світлого часу доби, за допомогою фотоелектричного перетворювача (сонячна батарея) встановленого на опорі електричного

освітлення, сонячна енергія перетворюється в електричну енергію, та накопичується в акумуляторній батареї (АКБ), розташованій усередині спеціального боксу. При настанні сутінків світильник вмикається автоматично, за допомогою датчика освітленості, використовуючи енергію, накопичену в акумуляторі, та продовжує горіти до настання світанку, або відповідно до закладеної контролером програми.

За рахунок цього досягається максимально раціональне використання накопиченої за день енергії. Більше того, нерідко накопичених в АКБ запасів виявляється навіть занадто багато. В цьому випадку енергію, що генерується у сонячних батареях можна додатково використовувати для електропостачання, скажімо, розташованого поблизу будинку або світлофору.

Дану конструкцію можливо додатково оснастити датчиками руху, тоді включення освітлювальної установки відбудеться тільки в моменти появи людини в зоні, що освітлюється світильником, а в інший час система буде працювати в режимі мінімального споживання потужності. Це допоможе знизити необхідну для установки потужність ФЕП, та ємність АКБ, при проектуванні системи, а як наслідок економію грошових коштів на реалізацію системи. Відстань між датчиками руху вибирається залежно від частоти розташування опор, таким чином, щоб чутливості пристрою вистачало для увімкнення декількох світильників поруч.

Опори освітлення проектуються таким чином, щоб витримати задані вітрові, та масо-габаритні навантаження.

Переваги автономної системи:

– за допомогою автономної установки можна здійснювати освітлення ділянок, на яких важко або взагалі неможливо підведення електричної енергії, а також у тих випадках, коли підведення електроенергії пов'язане зі значними економічними витратами;

– зниження навантаження на центральні лінії електропередач;

– можливість налаштування параметрів освітлювальної установки;

– використання світлодіодного світильника, та автоматична робота установки зменшують витрати на обслуговування;

– відсутність необхідності прокладки кабельної комунікації.

Але у передбаченій конструкції є також свої недоліки:

– генерація електроенергії залежить від погодних умов;

– можливі збої в роботі акумуляторів через сильні морози;

– значна вартість освітлювальної установки.

### **Розрахунок параметрів автономної систем із заданими параметрами**

Дана система буде вмикатись з настанням сутінок і вимикатись на світанку. У нічний час доби накопичена в акумуляторній батареї енергія споживається навантаженням. Ємність показує скільки часу вона зможе жити споживача, якщо буде повністю заряджена.

У зимовий час день дуже короткий, а ніч довга, до того ж при поганій погоді акумулятор не встигне повністю зарядитися, тому освітлювальна

установка не зможе забезпечити належну роботу. Тому розрахуємо 2 сценарії роботи:

1. влітку освітлювальна установка буде працювати в режимі 100%, а взимку 50% потужності.
2. влітку та взимку освітлювальна установка буде працювати в режимі 100% потужності.

Вибір обладнання здійснюється таким чином, щоб система могла забезпечити безперебійне живлення світильника від акумулятора протягом заданого графіку роботи, а також автономну роботу освітлювальної установки протягом 2 – 4 діб у разі несприятливих погодних умов.

Таблиця 1

Вихідні параметри для розрахунку

| Характеристика                            | Величина |
|---|----------|
| Потужність світильника ( $P_{cv}$ ), Вт   | 30       |
| Напруга світильника ( $U_{cv}$ ), В       | 12       |
| Напруга АКБ ( $U_{аб}$ ), В               | 12       |
| Потужність сонячної батареї ( $P_w$ ), Вт | 265      |

Для початку необхідно скласти графік зміни навантаження за добу.

Інтервал нічного часу доби ( $\Delta t_{нв}$ ) складає 10 год. – для літнього періоду, та 16 год. – для зимнього періоду.

Інтервал світлого часу доби ( $\Delta t_{дв}$ ) складає 14 год. – для літнього періоду, та 8 год. – для зимнього періоду.

Тоді сумарне навантаження за добу буде:

$$P_n = P_{cv} * \Delta t_{нв} \quad (1)$$

Розрахунок необхідної ємності АКБ для живлення навантаження.

Глибокий розряд може вивести акумулятор з ладу. Тому виробники акумуляторів встановлюють кінцеву напругу розряду, при досягненні якої, акумулятор необхідно відключати від навантаження і заряджати. Щоб акумулятор служив довго, його не можна розряджати більше ніж на 70-80%.

$$C_n = \frac{100 * P_n}{S_p U_{cv}} \quad (2)$$

де  $C_n$  – ємність необхідна для живлення навантаження на протязі доби,  $S_p$  – ступінь розрядженості АКБ.

Найбільш важким режимом експлуатації акумуляторних батарей є зимовий час, тому при розрахунках за формулою (2) приймають  $\Delta t_{нв} = 16$  год.

Підставивши у формули (1 – 2), вихідні дані, отримуємо необхідну ємність АКБ 30 А\*год. У якості накопичувача енергії, найчастіше використовуються акумулятори типу GEL, в якому знаходиться композитний

гель, загущений розчин сірчаної кислоти. Такий вид АКБ має досить великий термін служби, порівняно низьку вартість і здатність працювати в умовах низьких температур.

Отриману ємність рекомендовано збільшити у 2, або більше рази, для можливості роботи ОУ у разі несприятливих погодних умов, коли генерація світла від ФЕП, а як наслідок зарядка АКБ буде занадто слабкою.

Під час зарядки, акумулятор запасає енергію, живлячись від сонячної батареї. Повністю заряджений акумулятор накопичує заряд, що дорівнює ємності акумулятора. Зарядка виконується струмом, значення якого дорівнює 10% від номінальної ємності. Максимальне значення зарядного струму становить до 20-30% ємності акумулятора. Для підтримання сталості струму протягом усього процесу заряду потрібен регулюючий пристрій, у якості якого виступає контролер.

Кількість електроенергії, що виробляється сонячною батареєю залежить від погодних умов. Для обліку цього чинника необхідно визначити кількість сонячної енергії, на яку можна розраховувати в даній місцевості. Зазвичай ці дані можна отримати з довідкових джерел, або на місцевій гідрометеостанції. При цьому важливо враховувати два фактори: середньорічне сонячне випромінювання, а також його середньомісячні значення при найгірших погодних умовах. За допомогою першого чинника фотоелектричну систему розрахують відповідно до середньорічного сонячного випромінювання, тобто в деякі місяці буде більше енергії, ніж потрібно, а в інші - менше. При виборі другого чинника завжди буде, як мінімум, достатньо енергії для задоволення потреб, якщо вимкнути надзвичайно тривалі періоди поганої погоди. Тепер розраховуємо номінальну потужність фотоелектричного модуля.

Сонячну інсоляцію будемо розраховувати для північного регіону України. Взевши з таблиць значення сонячної інсоляції за цікавий для нас період і розділивши його на 1000, одержимо так звану кількість пікогодин, тобто умовний час, протягом якого сонце світить з інтенсивністю 1000 Вт/м<sup>2</sup>.

Модуль потужністю  $P_w$  протягом обраного періоду виробить наступну кількість енергії за добу  $W$ :

$$W = \frac{k * E * P_w}{1000}, \quad (3)$$

де  $E$  – значення інсоляції за обраний період;  $P_w$ - потужність сонячної батареї;  $k$  – коефіцієнт, що робить поправку на втрату потужності сонячних елементів при нагріванні на сонці, а також враховує похиле падіння променів на поверхню модулів протягом дня  $k = 0,5$  і  $0,7$  в літній і зимовий періоди, відповідно. Різниця в його значенні взимку і влітку обумовлена меншим нагріванням елементів у зимовий період.

Вироблення електроенергії установкою з 1-ї панелі за добу в умовах півночі України, показано на рис. 2.

## Вироблення електроенергії установкою з 1-ї панелі

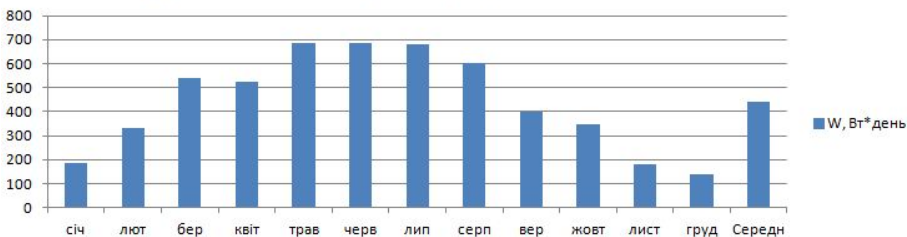


Рис. 2. Вироблення електроенергії установкою з 1-ї панелі за добу

Виходячи з сумарної потужності споживаної енергії за добу і формули (3), легко розрахувати сумарну кількість необхідних ФЕП модулів  $N$  (рис. 3):

$$N = \frac{W}{P_n}$$



Рис. 3. Сумарна необхідність ФЕП модулів для забезпечення номінального навантаження

## Порівняння споживання та вироблення електроенергії установкою, Вт\*день

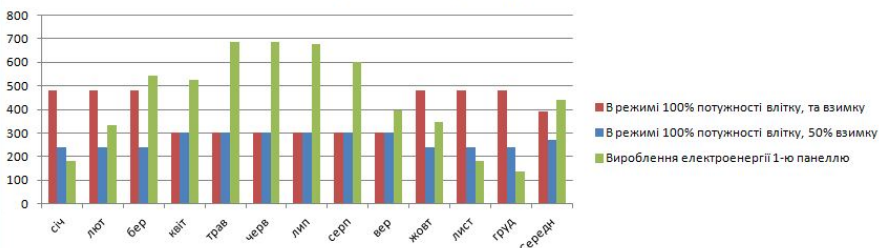


Рис. 4. Порівняння споживання та вироблення електроенергії установкою з 1-ї панелі за добу

## **Висновки**

Проведено розрахунок параметрів системи автономної освітлювальної установки вуличного освітлення на сонячній батареї. Були виконані розрахунки для 2-х режимів роботи: 1) влітку освітлювальна установка працює в режимі 100%, а взимку 50% потужності. 2) влітку та взимку освітлювальна установка працює в режимі 100% потужності.

Постійний графік навантаження, дозволяє точно визначити параметри для установки.

Даний метод розрахунку на основі середньомісячних значень споживання установки, та інтенсивності сонячного випромінювання, дозволяє виключити невиправдане завищення потужності елементів установки.

Як видно з рис. 2, рис. 4, величина вироблення електроенергії значно змінюється впродовж року. У літню пору року ми спостерігаємо подвійне перевищення вироблення необхідної електроенергії, та в той же час, у зимній період маємо її дефіцит у декілька разів.

1. *Суржикова О.А., Лукутин Б.В.* «Возобновляемые источники энергии» / Изд.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012 – 252 с.
2. *Ференбрух А., Бьюб Р.* «Солнечные элементы: теория и эксперимент»/ Пер.с англ. под ред. М.М. Колтуна.-М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
3. *Г.П. Охоткин* «Методика расчета мощности солнечных электростанций». Вестник Чувашского университета. 2013. № 3. С.222-230.
4. *Павлович Е.В.* «Сфера применения автономного уличного освещения». Актуальные проблемы энергетики. СНТК 72.
5. *В.А. Алехин* «Области применения солнечной энергетики». Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып. 12. Ч. 2
6. *Ю.В. Сухова* «Освещение парковых зон светильниками с автономным питанием». Известия ТулГУ. Технические науки. 2017. Вып. 12. Ч. 1. С.192-195
7. *Ахмедов Р.Б.* «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии»/ Ахмедов Р.Б. М.: Знание, 1988. 46 с.
8. *Безруких П.П.* «Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики»// Электрика. 2008. № 9. С.3-10.
9. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.atmosfera.ua/winds/sxemy-organizacii-ves/](http://www.atmosfera.ua/winds/sxemy-organizacii-ves/)

*Поступила 3.09.2018р.*