

соединенных фотоэлементов. Фотоэлемент последовательной группы, если на него падает поток солнечного излучения с меньшей плотностью, чем на предыдущий, будет вырабатывать меньший ток и не сможет пропустить ток соседнего фотоэлемента, больший, чем вырабатывает он сам. В результате – его перегрев и быстрый выход из строя. Поэтому описанный фасетный концентратор способствует увеличению не только выходной мощности солнечной батареи, но и эффективности преобразования, в отличие от обычных цилиндрических и параболоцилиндрических концентраторов.

Был рассчитан и смоделирован фасетный концентратор солнечного излучения на основе цилиндрической поверхности. Аналогично можно получить концентратор в виде поверхности вращения. Приведены формулы для определения угла наклона фасет и их расположения. Обоснована эффективность применения для получения электрической энергии с помощью солнечных батарей.

1. Андреев В.М. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения / В. М. Андреев, В. А. Грилихес, В. Д. Румянцев. – Л.: Наука, 1989. – 310с.

2. BUILD IT SOLAR [Электронный ресурс]: база данных. – Режим доступа: <http://www.buiditsolar.com/Projects/Concentrating/concentrating.htm>

3. Твайделл Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.

*Получено 15.01.2013*

УДК 621.316.721

О.П.ШЕРЕМЕТА, В.В.МОТИГІН, С.Т.БАРАСЬ, кандидати техн. наук  
*Вінницький національний технічний університет*

## **СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ МІСЦЬ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ**

Проведений аналіз способів економії електроенергії, що використовується для освітлення місць загального користування житлового будинку. Наводяться техніко-економічні параметри розроблених пристроїв: акустичних вимикачів АВ-1 та астрономічного таймера АТ-700. Розроблена система освітлення місць загального користування житлового будинку. Розроблена методика випробовувань та наведені результати випробовувань.

Проведен анализ способов экономии электроэнергии, используемой для освещения мест общего пользования жилого дома. Приводятся технико-экономические параметры разработанных устройств: акустических выключателей АВ-1 и астрономического таймера АТ-700. Разработана система освещения мест общего пользования жилого дома. Разработана методика испытаний и приведены результаты испытаний.

The analysis of the ways to save electricity used for lighting public spaces of a house. Provides technical and economic parameters designed devices: acoustic switches AS-1 and the astronomical timer of AT-700. A system for lighting of public areas of a house. The method for testing and the results of tests.

*Ключові слова:* акустичні вимикачі, астрономічний таймер, економія електроенергії.

Протягом останніх років вартість електроенергії та її споживання зростає. В великих містах дефіцит електроенергії проявляється не тільки в холодний зимовий період, а і влітку, що пов'язано з суттєвим ростом об'ємів використання кондиціонерів. Дефіцит електроенергії знижує інноваційну привабливість регіону.

Відповідно до санітарних норм для освітлення місць загального користування житлового будинку використовуються лампи розжарювання потужністю 60Вт, які працюють практично в неперервному режимі. Затрати електроенергії на одну лампу на місяць складають 43,2 кВт·год або в грошовому виразі 12,1 грн. (за тарифом на електроенергію 0,28 грн./кВт·год).

Якщо отриману величину помножити на кількість ламп в під'їзді, кількість під'їздів та кількість будинків, то стане ясно, що мова йде про дуже значні енергетичні витрати, що підтверджує актуальність та масштаб проблеми.

Тільки для м. Вінниці на освітлення площадок в під'їздах витрачається щомісячно близько 800 тис. кВт·год та на освітлення тамбурів біля 800 тис. кВт·год.

Якщо врахувати, що наш тариф менший від російського майже в 3 рази, то стають очевидними тенденції його зростання, що підвищує актуальність вирішення проблеми освітлення місць загального користування житлового будинку.

Існує два способи економії електроенергії, що використовується для освітлення місць загального користування житлового будинку:

- використання більш ефективних, ніж лампа розжарювання, джерел світла (люмінесцентні, світлодіодні або галогенні лампи);
- використання пристроїв регулювання освітленості.

Реалізація першого способу вимагає значних початкових витрат на закупку та на часткову чи повну зміну існуючих електромереж, а також витрат на захист та утилізацію ламп (для випадку люмінесцентних ламп).

Інший спосіб економії електроенергії, яка витрачається на цілі освітлення місць загального користування житлового будинку, це використання пристроїв регулювання освітленості. Справа в тому, що світло в таких місцях потрібне тільки в момент знаходження в ньому людей в темну пору доби. За рахунок цього способу витрати електроенергії на ці цілі зменшуються в 10–20 разів при збереженні світильників на базі ламп розжарювання, а при використанні більш ефективних джерел світла додатково у відповідну кількість разів.

Розрізняють такі способи та пристрої регулювання освітленості в місцях загального користування житлового будинку:

- «кнопки»;
- світлочутливі автомати;
- астрономічні таймери;
- інфрачервоні датчики;
- акустичні вимикачі.

Принцип роботи пристроїв «кнопки» полягає в тому, що при натисненні на кнопку на певний час вмикається освітлення всього під'їзду. Прикладами таких пристроїв є: напівавтоматичний вимикач фірми SIEMENS, сходові автомати РЧ-601, РЧ-602, РЧ-621, РЧ-611, РЧ-605 та розроблений нами ще в 1990 р. пристрій для освітлення під'їздів УОП-1.

Недоліки пристроїв такого типу:

- значна вартість установлювальних робіт, пов'язана з установкою додаткових кнопок з підсвічуванням у зручних для ввімкнення освітлення місцях;
- незручність процедури ввімкнення, навіть якщо кнопка з підсвічуванням;
- нерациональне використання освітлення в зв'язку з тим, що світло ввімкнено в усьому під'їзді.

Враховуючи наведені недоліки, а також те, що цей принцип морально застарів, усунемо його в подальшому з порівняльного розгляду.

Світлочутливі автомати призначені для автоматичного ввімкнення освітлення в сутінках і його вимкнення на світанку. Датчик потрібно розташувати в місці, де є постійний доступ природного світла, яке зміною своєї інтенсивності буде вмикати і вимикати освітлення. Потрібно передбачити мінімальний вплив відблисків від вуличного освітлення, автомобільних фар та інше. Автомат потрібно обладнати системою затримки ввімкнення і вимкнення освітлення, щоб знешкодити вплив завад (наприклад, атмосферних розрядів) на роботу автомату.

Прикладами таких пристроїв є:

- світлочутливі автомати фірми ЕЛЕКТРОСВІТ – АСГ, АСГ-10, АСГ-16;
- фотореле VEGA.

Недоліками таких пристроїв є:

- складність розміщення датчика освітленості таким чином, щоб обмежити кількість спрацювань, пов'язаних з відблисками;
- необхідність постійного догляду за робочою зоною фотодатчика;
- необхідність регулярного перекалібрування датчика, пов'язаного зі зміною з часом його властивостей, що призводить до збільшення експлуатаційних витрат;

- обмеження економії електроенергії в середньому за рік на рівні 2 разів.

Принцип роботи астрономічних таймерів базується на ввімкненні або вимкненні навантаження відповідно до астрономічних подій (в даному випадку відповідно до сходу та заходу сонця).

В мікропроцесорі астрономічного таймера міститься інформація про час сходу/заходу сонця на кожен день. Енергонезалежність мікропроцесорної пам'яті забезпечується літєвою батарейкою протягом 5-ти років.

У даному випадку враховується також перехідний період (сутінки) – освітлення вмикається на 1 год. раніше заходу та вимикається на 1 год. пізніше сходу.

В порівнянні з світлочутливими автоматами, які забезпечують ту ж економію (близько 2 разів в середньому протягом року) потрібно зазначити такі переваги:

- зникає необхідність розміщення датчика освітленості таким чином, щоб обмежити кількість спрацювань, пов'язаних з відблисками;
- зникає необхідність постійного догляду за робочою зоною фотодатчика;
- зникає необхідність регулярного перекалібрування датчика, пов'язаного зі зміною з часом його властивостей, що призводить до збільшення експлуатаційних витрат.

На ринку присутні такі астрономічні таймери: Talento фірми Graesslin, REX 2000 від французької компанії Legrand, SHT фірми ELKO EP та фірми Orbis [1, 2]. Основним недоліком цих астрономічних таймерів є велика вартість.

Використовуючи нові підходи та сучасну елементну базу нам вдалося розробити спеціалізований астрономічний таймер AT-700 на 4 канали (під'їзди) вартістю 600 грн, що складає 150 грн/канал (рис. 1). Це наближається до параметрів світлочутливих автоматів, але при цьому забезпечується суттєвий вигравш в надійності роботи та вартості експлуатаційних витрат.

Крім того, розроблений нами астрономічний таймер має захист по перевищенню потужності навантаження. Як тільки навантаження освітлення під'їзду перевищить задану потужність ( $60 \text{ Вт} \cdot 9 \text{ поверхів} = 540 \text{ Вт}$ ) плюс невеликий запас (150-200 Вт) – автоматично відключається подача енергії до тих пір, поки навантаження не нормалізується.

Астрономічний таймер AT-700 має також перевагу в тому, що забезпечує роботу з будь-якою комбінацією фаз, що дозволяє рівномірно за фазами розподілити навантаження.



Рис. 1 – Астрономічний таймер AT-700

Принцип роботи інфрачервоних датчиків (PIR-датчиків, датчиків присутності, датчиків руху) базується на реєстрації випромінювання живих організмів в інфрачервоному діапазоні (максимум приходиться на довжину хвилі біля 9 мм) [3].

Найпоширеніші способи установки датчика руху – на стіні або на стелі приміщення (залежно від кута огляду конкретної моделі датчика), поблизу до керованого датчиком електроприладу. Стельові датчики руху звичайно мають максимальний кут огляду приміщення – до 180 градусів. Моделі для настінного кріплення мають менший кут огляду (90-140 градусів) і контролюють частину приміщення: простір перед дверима або вікном, сходовий простір, частина коридору тощо.

На ринку представлені датчики даного типу наступних фірм: BEG , Eljo, Legrand, Theben, Gira.

Для таких датчиків характерно:

- висока ціна;
- обмеження зони реєстрації в зв'язку з конфігурацією під'їздів.

У світильниках з акустичними вимикачами освітлення вмикається на деякий встановлений час при виникненні акустичного шуму (відкривання і закривання дверей, кроки, розмова тощо).

Відома низка таких пристроїв різної якості та ціни: ЭВ-03 (фірми «ЕЛЕКТРОГАММА»), акустооптичні датчики ЭВ-01, ЭВ-02, ЭВ-03 (фірма «СВЕТЭК») та інші.

Основною перевагою акустичних вимикачів є можливість економити електроенергію при освітленні під'їздів в десятки разів за рахунок ввімкнення освітлення тільки там, де знаходяться люди.

Пропонований нами акустичний вимикач (рис. 2) забезпечує економію електроенергії в 10-20 разів і окупається протягом 3-х – 6-ти місяців (залежно від режиму роботи освітлення під'їзду).

Пристрій призначений для експлуатації всередині приміщень і розрахований на цілодобовий режим роботи.

Акустичні вимикачі АВ-1 [4] забезпечують:

- економічність освітлення – за рахунок того, що світло вмикається тільки тоді і там, де знаходяться люди. В результаті цього, зменшується сумарний час ввімкнення лампи до 1 год. на добу (кожен з 12 мешканців на площадці скористається системою освітлення 10 разів по 30 с), замість 12-24 год. на добу;

- комфортність освітлення – тим, що в більшості випадків, для ввімкнення системи освітлення достатньо природних звуків – відкривання і закривання дверей, кроки, розмова тощо;

- значне збільшення терміну експлуатації ламп – за рахунок «м'якого» режиму пуску, зменшення часу використання ламп та покращення теплового режиму.

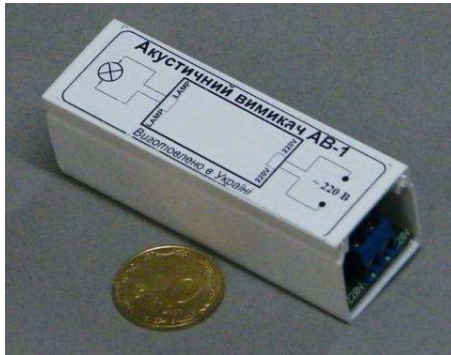


Рис. 2 – Акустичний вимикач АВ-1

### ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Номінальна напруга живлення	220 В, 50 Гц
Максимальна потужність навантаження	100 Вт
Час циклу освітлення – дискретно регульований	30 / 50 с
Рівень шуму для спрацювання акустичного каналу – (дискретно регульований)	70 / 90 дБ
Температура навколишнього середовища	від $-10^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$
Власне споживання електроенергії	0,5 Вт
Габаритні розміри	60×25×22 мм

Для різних умов застосування (затемнені, напівзатемнені під'їзди і коридори, потреба в черговому освітленні і т.п.) та різних конструктивних виконань передбачається декілька модифікацій приладу:

- блок, що вмонтовується в існуючі світильники, або розміщується в пустоті панелі;
- акустичні світильники;
- акустичні патрони.

Система освітлення місць загального користування житлового будинку повинна передбачати наявність як централізованих пристроїв, що розміщуються в щитовій будинку, так і індивідуальних пристроїв регулювання освітлення, що розміщуються безпосередньо в світильниках.

Для забезпечення суттєвої (більше 10-ти разів) економії потрібно передбачити наявність індивідуальних пристроїв регулювання освітлення на кожній точці для освітлення. Тому, вибір необхідно зробити між акустичними вимикачами та PIR датчиками. Перевага була надана акустичним вимикачам з таких причин:

- відсутність «мертвих зон» в умовах конфігурації під'їздів;
- наявність «м'якого» режиму пуску;
- нижча ціна.

Серед акустичних вимикачів вибір був зроблений на користь наших акустичних вимикачів АВ-2, що обумовлено наступними чинниками:

- невеликі габарити, що дає можливість встановити датчик безпосередньо в світильник чи в пустоту панелі, що в свою чергу забезпечує антивандальність системи;
- надійність в роботі, яку ці акустичні вимикачі продемонстрували протягом семирічного досвіду впровадження;
- низька ціна;
- висока чутливість, що дозволяє встановлювати АВ-1 навіть в герметичний світильник;
- оптимізований принцип роботи, що передбачає зменшення циклів ввімкнення/вимкнення лампи завдяки тому, що вимкнення лампи здійснюється після останнього шуму через заданий час.

Пристрої, що розміщуються в щитовій, повинні забезпечити такі функції:

- автоматичну подачу напруги живлення в мережу освітлення в темну пору доби;
- захист від несанкціонованих підключень до мережі освітлення місць загального користування житлового будинку.

Таким чином, враховуючи вищесказане, структурна схема системи освітлення місць загального користування житлового будинку набула такого вигляду (рис. 3).

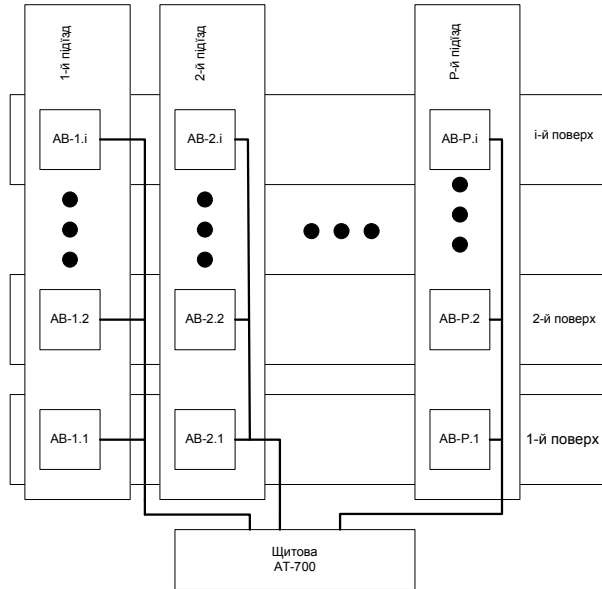


Рис. 3 – Структурна схема системи освітлення місць загального користування житлового будинку

*Етапи випробувань:*

1 етап – встановлення повного навантаження освітлення місць загального користування житлового будинку;

2 етап – визначення енергоспоживання освітлення місць загального користування житлового будинку протягом 7 діб;

3 етап – визначення енергоспоживання освітлення місць загального користування житлового будинку протягом 7 діб після мінімізації доли крадіжок електроенергії з мережі освітлення місць загального користування житлового будинку;

4 етап – установка акустичних вимикачів та визначення енергоспоживання освітлення місць загального користування житлового будинку протягом 7 діб з використанням акустичних вимикачів АВ-1;

5 етап – розрахунок коефіцієнтів економії енергоспоживання, термінів окупності та економії коштів.

*Розрахунок коефіцієнта економії енергоспоживання системи освітлення місць загального користування житлового будинку з використанням акустичних вимикачів здійснюється з виразу:*



$$K_{0/АКУСТ} = \frac{N_{0,МИН}}{N_{АКУСТ}}, \quad (1)$$

де  $N_0$  – енергоспоживання освітлення місць загального користування житлового будинку протягом 7 діб;  $N_{АКУСТ}$  – енергоспоживання освітлення місць загального користування житлового будинку протягом 7 діб з використанням акустичних вимикачів АВ-1.

*Розрахунок терміну окупності* нової системи освітлення місць загального користування житлового будинку здійснюється з виразу:

$$T_{ОКУПН} = \frac{B}{(N_{0,МИН} - N_{АКУСТ}) \cdot T} \text{ [тижнів]}, \quad (2)$$

де  $B$  – витрати на закупку та встановлення акустичних вимикачів;  $T$  – тариф за електроенергію.

*Розрахунок економії коштів* від використання нової системи освітлення місць загального користування житлового будинку після терміну окупності здійснюються з виразу:

$$E = n \cdot (N_{0,МИН} - N_{АКУСТ}) \cdot T \text{ [грн./рік]}, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість тижнів в році,  $n = 52$ .

*Результати випробовувань системи освітлення місць загального користування житлового будинку* – (витяг з акту випробовувань).

Нова система освітлення місць загального користування житлового будинку з використанням акустичних вимикачів по відношенню до того, що було би при роботі з проектною системою освітлення з повним навантаженням після мінімізації долі крадіжок електроенергії, забезпечила наступні економічні показники:

- коефіцієнт економії енергоспоживання –  $K_{0/АКУСТ} = 11,7$  разів;
- термін окупності –  $T_{ОКУПН} = 0,66$  року;
- економія коштів від використання нової системи освітлення місць загального користування житлового будинку після терміну окупності  $E = 2045$  грн./рік.

Можливе додаткове покращення економічних показників системи освітлення місць загального користування житлового будинку за рахунок зменшення несанкціонованих підключень до цієї електромережі (в даному випадку – більше 2 разів).

Незважаючи на те, що крадіжки електроенергії з мережі освітлення місць загального користування житлового будинку мають великий вплив на економічні показники системи освітлення, на кожній лампі потужністю 60 Вт нової системи освітлення на базі акустичних

вимикачів АВ-І при експлуатації її в режимі «12 год ввімкнено»/ «12 год вимкнено» забезпечуються наступні економічні параметри:

$K_{0/АКУСТ} = 11,7$  разів;  $T_{ОКУПН} = 0,66$  року;  $E = 68,2$  грн./рік.

При експлуатації такої системи освітлення в цілодобовому режимі економічні параметри подвоюються:  $K_{0/АКУСТ} = 23,4$  раза;  $T_{ОКУПН} = 0,33$  року;  $E = 136,4$  грн./рік.

Таким чином, проведений аналіз способів економії електроенергії, що використовуються для освітлення місць загального користування житлового будинку показав, що оптимальним варіантом з точки зору комфортного та економного освітлення є використання акустичних вимикачів.

Запропоновано пристрої власної розробки: акустичні вимикачі АВ-1 та астрономічний таймер АТ-700. Проведений аналіз способів економії електроенергії, що використовуються для освітлення місць загального користування житлового будинку показав, що оптимальним варіантом з точки зору комфортного та економного освітлення є використання акустичних вимикачів.

Розроблена система освітлення місць загального користування житлового будинку.

Проведені випробовування системи освітлення місць загального користування житлового будинку, які підтвердили її високі техніко-економічні показники.

1.Каталог продукції фірми Orbis – [Catalogo\\_general\\_ingles.pdf](http://www.orbis.es/catalogo_general_ingles.pdf). – Режим доступу до скачування: <http://www.orbis.es/inicio.aspx?inPkyIdi=2>.

2.Каталог продукції фірми Legrand – Electronic Astronomic Time Switch. – Режим доступу до сторінки: <http://www.lightcontrol.net/lighting.htm>.

3.Енергозберігаючий пристрій для освітлювальних систем/ В. Г. Душко, О. А. Росновський, В. Б. Самойлов [та ін.] // Наука та інновації. – 2007. – Т 3, № 2. – С. 20-22.

4.Акустичні вимикачі – Режим доступу до сторінки: [http://www.df-light.com.ua/av/index\\_ua.html](http://www.df-light.com.ua/av/index_ua.html).

*Отримано 19.11.2012*

УДК 621.314.26

А.А.ШАВЇЛКИН, д-р техн. наук

*Донецкий национальный технический университет*

## **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Представлены принципы реализации каскадного преобразователя частоты, содержащего четыре инвертора напряжения на выходную фазу при кратности напряжений их источников питания 3:3:3:1 и использовании инвертора с минимальным напряжением в качестве последовательного активного фильтра.