

Міністерство освіти, науки, молоді і спорту України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут автоматики, електроніки та комп'ютерних систем управління

Кафедра лазерної та оптоелектронної техніки

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ОСВІТЛЕННЯ НА СУЧАСНИХ  
ПІДПРИЄМСТВАХ

Розробив студент гр. 0-08  
Паланюк Ілля Анатолійович

Вінниця ВНТУ 2011

## Анотація

Розвиток технічної цивілізації на Землі у ХХ ст. характеризується стрімким збільшенням енергоспоживання. Але збільшення виробництва енергії тягне за собою і збільшення шкідливих викидів що негативно впливає на зовнішнє середовище. Тому пріоритетним завданням сучасної енергетики є збільшення ефективності використання енергії



## *1. Сучасні проблеми енергетики*

Розвиток технічної цивілізації на Землі у ХХ ст. характеризується стрімким збільшенням енергоспоживання. За оцінками, в 1945-1998 рр. населення планети використало 2/3 всього палива, добутого людством за час свого існування. Такі бурхливі темпи розвитку енергетики спричинили появу низки гострих проблем.

На перший план виходить проблема ресурсозабезпеченості енергетичного господарства. З одного боку, сумарні запаси паливних ресурсів досить великі, до того ж щороку стають відомими нові поклади викопного палива. Крім того, сучасна технологія відкриває доступ до використання нетрадиційних джерел енергетики, це свідчить на користь того, що абсолютного дефіциту енергетичних ресурсів на планеті поки що не існує. З одного боку, спостерігається відносна ресурсна обмеженість, зумовлена можливістю швидкого вичерпання найбільш доступних родовищ і перехід до розробки складніших, що спричинює подорожчання енергоносіїв і робить використання більшої частини паливних ресурсів нерентабельним. Аналітики прогнозують наближення того моменту, коли енергетичні затрати на розвідування й добування головного виду палива – нафти за межами Близького Сходу, перевищуватимуть кількість енергетики, яка може бути одержана з неї.

Але особливо загострилися проблеми, пов'язані з негативним впливом енергетики на стан навколишнього середовища. Викиди від роботи цієї галузі становлять 30% всіх твердих часток що надходять в атмосферу внаслідок господарської діяльності людини. За цим показником електростанції зрівнялися з підприємствами металургії і випереджають всі інші галузі промисловості. Крім того, енергетика дає до 63% сірчаного ангідриду і понад 53% оксидів озону, що надходять у повітря від стаціонарних джерел забруднення. вони є основним джерелом кислотних дощів в Україні. Рослини та океан вже не встигають поглинути всю кількість вуглекислоти, яка утворюється внаслідок спалювання органічного палива. Це веде до поступового збільшення її концентрації в атмосфері, що посилює “парниковий ефект” і викликає потепління клімату.

Якщо тенденція зростання споживання енергетики та викидів двоокису вуглецю збережеться, то вже до 2025 року на Землі потеплішає на 2оС, що призведе до глобальних катастрофічних наслідків: зміщення кліматичних зон, зникнення багатьох видів рослин, скорочення лісових площ, збільшення пустель, розтавання льодовиків тощо.

Все це створює небезпеку голоду, хвороб, масових міграцій населення із зон екологічного лиха. Екологічні чинники в розвитку ядерної енергетики завжди повинні бути на першому місці, інакше не буде для кого виробляти електроенергетику.

Спалювання викопних видів палива і дров порушує баланс кисню в атмосфері, оскільки на 1 т органічного палива при цьому витрачається більш як 2 т чистого кисню. Розширення його споживання на техногенні потреби,

зменшення його відтворення через вирубування лісів веде до виникнення на планеті реальної небезпеки дефіциту кисню.

Необхідність подолання відсталості країн, що розвиваються, збільшення населення в них вимагає швидкого розвитку енергетики, зростання енергоспоживання.

Заходи, що дозволили б переламати негативні тенденції у сфері енергетики:

1. Підвищення ефективності використання енергії (за нинішнього рівня техніки можна зменшити сумарне споживання енергетики на 35-40%).

2. Зменшення шкідливих викидів в атмосферу завдяки новим технологіям очищення відпрацьованих газів.

3. Зміна структури паливно-енергетичного балансу через розвиток альтернативної енергетики.

4. Вжиття заходів для сповільнення темпів росту населення.

Нині у зв'язку з кризовим станом економіки України істотно скоротилися можливості забезпечити її паливно-енергетичними ресурсами. У 1998 році не вдалося досягти перелому в подоланні кризових явищ, продовжується спав виробництва, хоча й повільнішими темпами, ніж у 1996 році. До позитивних зрушень в економіці слід віднести: уповільнення інфляції та деяке зростання обсягів виробництва в окремих експортноорієнтованих галузях промисловості, досягнення додатного сальдо торгівельного балансу.

Успіхи у відродженні економіки могли б бути набагато кращими, якби не причини, що набули вже хронічного характеру: тяжкий фінансовий стан, відсутність попиту на деякі види вітчизняної продукції через її високу вартість та незадовільну якість, брак інвестицій, повільний характер структурних зрушень. Відповідно до зниження обсягів продуктивного матеріального виробництва і скорочення послуг, відбуваються зміни у споживанні паливно-енергетичних ресурсів.

## ***2. Методики зниження використання енергії для освітлення***

Для зниження споживання енергії для освітлення ми можемо використовувати такі технології:

### **А) Удосконалення джерел світла**

#### **• Люмінесцентні енергозберігаючі лампи**

Люмінесцентні лампи вперше були представлені в 1939 році на виставці у Нью-Йорку. Вони швидко стали популярними в магазинах, офісах й інших адміністративних будинках, оскільки використовували менше електроенергії, забезпечуючи необхідне освітлення. Однак, їх не часто можна було зустріти в домівках – мерехтіння, час вмикання, шум та розмір тих ламп не влаштовували господарів. У 80 роках знайшли спосіб зменшити розмір трубок й люмінесцентні лампи стали вже більш схожими до ламп розжарювання за своїм зовнішнім виглядом. Зараз же виробникам вдалося позбутися більшості недоліків, й ***енергозберігаючі лампи*** стають дедалі більш популярними, а

звичайні лампи розжарювання планують заборонити у найближчі роки в багатьох країнах світу.



Рис. 1. Компактні люмінесцентні лампи

Принцип роботи енергозберігаючих ламп. Люмінесцентні лампи містять всередині суміш парів ртуті та інертного газу. Внаслідок електричного розряду між електродами створюється електричне поле, яке викликає виділення парами ртуті ультрафіолетового світла. Аби ультрафіолетове світло перетворювалось на видиме, на внутрішні стінки лампи наноситься люмінофор (речовина, яка активно випромінює світло при дії електромагнітного, ультрафіолетового чи іншого виду випромінювання). Більш детально розглянути будову й навіть навчитися ремонтувати енергозберігаючі лампи можна .

**Економія електроенергії.** Звичайні лампи велику частину енергії, яку використовують перетворюють на тепло, а не на світло. Сучасні високоефективні **компактні люмінесцентні лампи** використовують до 80% електроенергії менше, ніж лампи розжарювання. Економія електроенергії досягається завдяки більшій ефективності та більшій тривалості використання. Звичайні лампи продукують 12-15 люменів (одиниця виміру світлового потоку) на Ватт спожитої електроенергії, тоді як компактні люмінесцентні лампи – 50-80.

**Якість світла.** Одним з недоліків енергозберігаючих ламп часто називають мерехтіння. В сучасних лампах частота мерехтіння досягає 20 000 герц, тому воно не помітне для людини. Для характеристики світла також використовують індекс передачі кольорів Ra, який визначає ступінь спотворення кольору предметів. Значення індексу Ra 80-89 свідчать про гарну передачу кольорів, а 90-100 – про дуже хорошу. Ще однією характеристикою енергозберігаючих ламп є їх кольорова температура, яка визначає колір світла: 2700K – теплий білий колір, найбільш близький до світла традиційної лампи розжарювання; 4200K – денне світло, 6400K – холодне біле світло. Загалом, світло дещо відрізняється від звичного, але більшість дуже швидко звикає.

**Економія коштів.** За розрахунками, економія коштів на одній лампі сягає

близько 190 грн. та окупається менше, ніж за рік. За іншими відгуками **енергоефективні лампи** окупають свою вартість вже за 4 місяці.

**Тривалість використання.** Енергоефективні лампи слугують набагато більше за звичайні. Час роботи енергоефективної лампи досягає 10 000 - 13 000 годин, тоді як звичайної лампи розжарювання – близько 750 - 1 000 годин. Чи справді вони працюють так довго? Якісні лампи – безперечно так. Експерименти волонтерів показують, що компактна флуоресцентна лампа, що постійно ввімкнена, працює більше 10 000 годин.

- **Світлодіодні лампи**

**Історія.** Історія світлодіодів сягає середини 50-х років, коли було відкрито інфрачервоне випромінювання напівпровідників. Однак, тоді ще було далеко до їх використання в якості освітлювальних приладів - занадто мала яскравість. В 1993 році професор Накамура (Shuji Nakamura) представив світу перший яскравий світлодіод, базований на нітриді галію. Дуже скоро після цього вченому вдалося створити зелений та білий світлодіод. В 2001 році через суд професор Накамура отримав від компанії, в якій працював, 7 мільйонів доларів, як винагороду за використання свого винаходу. А в 2006 році - “Премію тисячоліття” від Національного технологічного агентства Фінляндії. Премія вручається за винаходи, які зробили вагомий внесок у розвиток людства (першим лауреатом був винахідник інтернету, Тімоті Джонс Бернерс Лі).

Серед вітчизняних вчених в цій сфері відомим є д.т.н., Осінський Володимир Іванович який працював в області RGB-світлодіодних ламп . Наш земляк з Вінничинни Осінський В.І. стояв у витівків створення Н/П світлових структур в світі, працював в групі з Алферовим, який винайшов н/п лазер і компоновані гетероструктури для світлодіодів і лазерних діодів. Його школа знах в Києві – інститут мікропристроїв, центр оптоелектронних технологій м.Київ (бувний інститут заводу Квазар).

**Принцип роботи.** Принцип роботи оснований на ефекті електролюмінесценції: випромінюванні світла певними речовинами під дією електричного струму.

Світлодіод — напівпровідниковий пристрій, випромінюючий некогерентне світло при пропусканні через нього електричного струму (ефект, відомий як електролюмінесценція). Випромінюване світло традиційних світлодіодів лежить у вузькій ділянці спектру, а його колір залежать від хімічного складу використаного у світлодіоді напівпровідника. Сучасні світлодіоди можуть випромінювати на довжині хвилі від інфрачервоної до близького ультрафіолету



Рис. 2. Світлодіодна лампа російського виробництва «SvetaLED»

Економія електроенергії. Ефективність багатьох діодних ламп залежить від кольору й досягає 30 люменів на Вт. Однак вже зараз з'являються технології, які можуть забезпечити ефективність 70 люменів на Вт і вище. Інколи можна почути, що діодні лампи добре використовувати всередині приміщень, однак в природних умовах втрачаються деталі предметів, їх чіткість. Це пов'язано із відмінністю спектра конкретного ліхтаря із світлодіодами та спектра денного світла, до якого так звикло людське око, зазвичай це має значення лише для мисливців, яким в дощ потрібно розгледіти жертву; диггерів, які проводять багато часу в катакомбах; любителів печерних екскурсій, фотографів й т.п.



Рис. 2. Світлодіодна лампа виробництва «Philips»

**Економія грошей.** Так само, як і люмінесцентні лампи, діодні лампи економлять не лише електроенергію, але й кошти з прикладом можна познайомитися в статті Маклюк Юлії, . За підрахунками автора (на прикладі освітлення рекламних щитів) економія у порівнянні з люмінесцентними становитиме близько 380 грн на рік на 1 квадратний метр вивіски. **Тривалість використання.** Діодні лампи розраховані (принаймні так стверджують виробники) на 50-100 тисяч годин безперервної роботи. В той час, як для люмінесцентних 10 000 - 13 000, а звичайних ламп розжарювання - 750-1000годин.

**Безпека.** Світлодіодні лампи не містять парів ртуті й не піддаються механічними пошкодженням у тій мірі, як звичайні та люмінесцентні лампи. Нагадаю, що не варто лякатися ртуті, яка міститься в люмінесцентних лампах: тих максимум 4 міліграми ледь вистачить, аби покрити кульку звичайної ручки. В звичних для нас термометрах ртуті міститься до 500 міліграм! Та навіть вони є далеко не основним джерелом ртуті в навколишньому природному середовищі. Набагато більший внесок роблять електростанції, які використовують вугілля. Особливістю й великою перевагою світлодіодів є широта їх застосування: окрім освітлення світлодіоди можуть бути використані для очищення питної води (ультрафіолетові світлодіоди), збереження цифрових



даних, в інформаційних табло та моніторах, світлофорах, гірляндах, ландшафтному дизайні, в принтерах й багато чого іншого.

## **Б) Використання централізованої та індивідуальної системи управління**

- **Стандарт X10**

X10 - це міжнародний відкритий індустріальний стандарт, застосовуваний для зв'язку електронних пристроїв в системах автоматизації. Стандарт X10 визначає методи і протокол передачі сигналів управління електронними модулями, до яких підключені побутові прилади, з використанням звичайної електропроводки або бездротових каналів.

Стандарт X10 був розроблений в 1975 році компанією Pico Electronics (Гленротс, Шотландія) для управління домашніми електроприладами.

У наші дні стандарт залишається одним з найпопулярніших, хоча є ряд альтернатив з більш широкими можливостями: KNX, INSTEON, BACnet і LonWorks.

Для зв'язку модулів мережі X10 використовується звичайна електрична мережа. Закодовані цифрові дані передаються з допомогою радіочастотного імпульсу спалаху частотою 120 кГц, тривалістю 1мс і синхронізовані з моментом переходу змінного струму через нульове значення. Самі модулі мережі зазвичай просто вставляються в розетку, хоча існують більш складні вбудовувані модулі, наприклад замінні розетки, вимикачі тощо

Відносно висока несуча частота не дозволяє сигналу поширюватися через трансформатори або між фазами в багатофазних мережах і мережах з розщепленої фазою.

- **Z-WAVE**

Z-Wave є запатентованим бездротовим протоколом зв'язку, розробленим для домашньої автоматизації, зокрема для контролю та управління на житлових і комерційних об'єктах. Технологія використовує малопотужні і мініатюрні радіочастотні модулі, які вбудовуються в побутову електроніку і різні пристрої, такі як освітлення, опалення, контроль доступу, розважальні системи та побутову техніку.

Z-Wave - це бездротова радіо технологія, розроблена спеціально для дистанційного управління. На відміну від Wi-Fi та інших IEEE 802.11 стандартів передачі даних, призначених в основному для великих потоків інформації, Z-Wave працює в діапазоні частот до 1 ГГц і оптимізована для передачі простих керуючих команд (наприклад, включити / виключити, змінити гучність, яскравість і т. д.). Вибір низького



радіочастотного діапазону для Z-Wave обумовлюється малою кількістю потенційних джерел перешкод (на відміну від завантаженого діапазону 2,4 ГГц, в якому доводиться вдаватися до заходів, що зменшують можливі перешкоди від працюючих різних побутових бездротових пристроїв - Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth) .

Також іншими перевагами Z-Wave можна відзначити мале споживання енергії, низьку вартість виробництва і вбудовування Z-Wave в різні побутові пристрої.

У світі налічується понад 200 виробників, що пропонують товари з Z-Wave чіпами або модулями. Відмінною особливістю Z-Wave є те, що всі ці продукти сумісні між собою.

В основі рішення Z-Wave лежить коміркова мережева технологія mesh, в якій кожен вузол або пристрій може приймати і передавати сигнали інших пристроїв мережі, використовуючи проміжні сусідні вузли. Mesh це самоорганізована мережу з маршрутизацією, залежною від зовнішніх факторів - наприклад, при виникненні перешкоди між двома найближчими вузлами мережі, сигнал піде через інші вузли мережі, що знаходяться в радіусі дії.

- **RFID**

RFID (англ. Radio frequency identification) — радіочастотна ідентифікація.



Радіочастотне розпізнавання здійснюється за допомогою закріплених за об'єктом спеціальних міток, що несуть ідентифікаційну та іншу інформацію. Про цей метод, що вже став основою побудови сучасних безконтактних інформаційних систем, і що має стійку назву RFID-технології.

Патент США Маріо Кардулло (Mario Cardullo) № 3,713,148 від 1973 («Пасивний радіопередавач з пам'яттю»), був, по суті, прабатьком сучасної RFID-технології. Вперше пасивний пристрій на відбитій енергії був продемонстрований в 1971 році властям Нью-Йорка і іншим потенційним покупцям як пристрій з 16 бітами пам'яті для стягування мита на дорогах. Патент Кардулло покриває використання радіохвиль, світла і звуку як засіб передачі інформації.

Оригінальний бізнес-план був представлений інвесторам в 1969 для використання у сфері транспорту (ідентифікація самохідних машин, автоматична платіжна система (система стягування мита), електронні номерні знаки, електронні платіжні відомості, водіння машин, моніторинг стану транспортних засобів), в банківській справі (електронні книги перевірок, електронні кредитні карти), у сфері безпеки (персональна ідентифікація, автоматичні ворота, спостереження) і в медицині (ідентифікація пацієнта, історії хвороби).

Перша демонстрація сучасних RFID-чипів (на ефекті зворотнього розсіювання), як пасивних, так і активних, була проведена в Дослідницькій Лабораторії Лос Аламоса (англ. Los Alamos Scientific Laboratory) в 1973 році. Портативна система працювала на частоті 915 МГц і використовувала 12 бітових міток.

Перший патент, пов'язаний власне з назвою RFID, був виданий Чарльзу Уолтону (Charles Walton) в 1983 році (патент США за № 4,384,288).



Рис. 4. RFID засоби авторизації

#### Основні переваги RFID-технології

- для RFID не потрібний контакт або пряма видимість;
- RFID-мітки читаються швидко і точно (наближаючись до 100%-вої ідентифікації);
- RFID може використовуватися навіть в агресивних середовищах, а RFID-мітки можуть читатися через бруд, фарбу, пар, воду, пластмасу, деревину;
- пасивні RFID-мітки мають фактично необмежений термін експлуатації;
- RFID-мітки несуть велику кількість інформації і можуть бути інтелектуальними;
- RFID-мітки практично неможливо підробити;
- RFID-мітки можуть бути не тільки для читання, але і з записом інформації;

### ***3. Технологічні особливості. Реалізація і доцільність впровадження.***

Освітлення офісних приміщень, коридорів, підвальних та складських приміщень вимагає значних енергетичних ресурсів. Навіть із врахуванням енергозбереження за допомогою сучасних газорозрядних люмінесцентних ламп, витрати на освітлення все одно є значними. Технології освітлення на базі твердотільних напівпровідникових джерел світла дозволяють вирішити цю проблему і зекономити у 10-12 разів більше електроенергії порівняно з лампами розжарювання і в 3-4 рази більше порівняно з люмінесцентними лампами, що зараз активно впроваджуються і не є екологічно безпечними при використанні та утилізації. Отже я пропоную, для зменшення використання енергії саме на освітлення офісів, робочих місць, верстатів і т. д. використовувати сукупність технологій що були обговорені в попередньому розділі.

Ось що я пропоную в цій сфері:

Базою освітлення буде використання світлодіодних освітлювачів як самих перспективних, оскільки вони можуть мати будь-яку температуру світіння, оскільки на різних установах в зв'язку з особливостями роботи потребується різна температура світіння. Так як втомлюваність очей при інтенсивному зоровому навантаженні зменшується при зменшенні температури світіння оскільки чутливість ока до синьо-фіолетового спектру є відмінною від інших завдяки феномену Пуркін'є і завдяки особливості побудови сітківки ока людини в синьо-фіолетовому спектрі око більше напружується що призводить до підвищення стомлюваності. Отже використання світлодіодних ламп за останніми технологіями спроможне зекономити енергію, знизити зорову напругу і підвищити продуктивність.

Також доцільним є використання централізованої системи управління освітленням на системах X10 або Z-WAVE, що дає змогу оперативно керувати світлом в залежності від потреб, тобто можна зробити систему що регулює рівень внутрішньої підсвітки приміщення в залежності від зовнішнього світла, або автоматичне керування освітленням у приміщенні. Використання X10 або Z-WAVE залежить від особливості побудови підприємства. Наприклад якщо лінія електричної мережі в масштабах даної будівлі не має трансформаторів або розривів то доцільніше використовувати X10 оскільки реалізація керування на цьому протоколі є дешевшою. Але Z-WAVE що використовує MESH-мережі є універсальнішою оскільки може керувати споживачами на всьому підприємстві і не залежить від існуючої силової мережі, але є значно дорожчим.

Якщо протоколи X10 і Z-WAVE забезпечують централізоване керування освітленням та іншими споживачами то технологія RFID дозволяє організувати децентралізоване.

Суть в тому що багато енергії даремно витрачається на робочому місці у разі відсутності працівника за ним - освітлення робочого місця, робота приладів ось тільки декілька джерел втрат енергії. Саме застосування індивідуальних RFID карт, браслетів, маяків ідентифікації середньої дальності, вшитих в одяг дозволять не тільки обраховувати робочий час та перерви для повнішого

бачення ефективності праці групи працівників та кожного окремо або регламентувати права доступу в приміщення або до технічних засобів, але і автоматично керувати споживачами енергії на робочому місці та інших місцях (туалет, склад, підсобні кімнати). В даному випадку я пропоную використовувати напівпасивні RFID мітки діапазону HF (13,56 МГц), оскільки вони можуть бути зчитані на значній відстані, дешеві, а також можливість використання стандарту ISO 14443 що забезпечує високу надійність і безпеку.

Доцільність використання залежить від підприємства оскільки окупність таких комплексних систем 5-10 років з можливою роботою більше 20 років. Тобто такий підхід до організації систем освітлення може приносити досить значну економію коштів за рахунок більшої роботи на відмову та значно нижчому енергоспоживанню за рахунок сукупності централізованого та локального управління, більшому коефіцієнту корисної дії і значних переваг застосування світло діодів перед класичними джерелами світла.