

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПУСКОРЕГУЛЮЮЧИХ АПАРАТІВ

Якунін О. А., Воропай В. Г.

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

*Розглянуто питання використання ПРА, їх переваги та недоліки, запропоновано ряд принципів керування освітлювальними установками.*

**Постановка питання.** В сучасному суспільстві відображаються світові тенденції, що особливо загострилися у відповідь на економічну ситуацію в Україні, – на перший план виходять вимоги енергоефективності приладів різного спрямування. Серед споживачів електричної енергії одне з важливіших місць займають освітлювальні установки. Їх використовують як при освітленні доріг, між будинкових територій, для внутрішнього освітлення приміщень, так й при досвічуванні рослин при їх тепличному вирощуванні, також електричне освітлення використовується в птахівництві й при вирощуванні тварин. В освітлювальних установках використовуються різні джерела світла, в залежності від необхідного рівня освітленості та спектрального складу випромінювання. Останнім часом все ширше стали використовуватись розрядні джерела світла, для функціонування яких необхідно використовувати спеціальний узгоджувачий пристрій – пуско-регулюючий апарат (ПРА).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Нелінійність характеристик розрядних джерел світла, необхідність керування ними сприяло створенню електронних пускорегулюючих апаратів (ЕПРА) [1].

Принципи конструювання ПРА розглянуто в працях [1-3]. В праці [1] розглянуті питання енергозбереження при електричному освітленні, частина матеріалу присвячена ЕПРА для розрядних ламп низького та високого тиску. Краснопольский А.Е. в своїй книзі [2] приводить схеми ПРА, їх ВАХ та пропонує математичні моделі їх опису. В книзі [3] приведено вимоги до ПРА, описані фізичні процеси в лампах. Питанню порівняння ПРА різного типу приділяється увага в працях [4-5].

**Мета дослідження.** Пропонується опис проведеного дослідження сучасних ПРА, можливостей їх поліпшення та конструювання.

Задачі, що висуваються:

- 1) порівняння переваг та недоліків сучасних ЕмПРА та ЕПРА;
- 2) дослідження принципів роботи та схем ЕмПРА;
- 3) висування передумов (принципів) конструювання ЕмПРА для РЛ.
- 4) висування принципів керування розрядними лампами.

**Основні матеріали дослідження.** Нажаль таке важливе питання як принципи керування світловим потоком джерел світла в науковій літературі не розглядається досить детально, і тому спостерігається ряд сумнівних припущень, зокрема щодо прискорення запалювання розрядних ламп високого тиску (РЛВТ), шляхом збільшення струму (напруги) при їх ввімк-

ненні. Збільшення струму (напруги) понад номінальні значення негативно впливає на споживачі електроенергії, а в режимі запуску спостерігається перехідні процеси, і значення струму через лампу вже перевищує номінальне. Отже таке прискорення запуску РЛВТ призводитиме не лише до скорочення часу ввімкнення, а й спричинить передчасне «старіння» лампи і вона швидше вийде з ладу.

Сучасні електронні ПРА (ЕПРА) відрізняються від своїх попередників, – електромагнітних (ЕмПРА) значно вищим ККД та можливістю керування світловим потоком. Однак надійність джерел світла залежить від якості їх виробництва, та якості електроенергії в мережі. Нажаль мережі України загалом, спроектовані й побудовані в минулому столітті, часто не відповідають сучасним вимогам, при цьому якість електроенергії (особливо в сільській місцевості) значно відхиляється від норм. Тому є сенс дослідження та розробки сучасних ЕПРА з низькою чутливістю до якості електроенергії, таких, що забезпечували б необхідний рівень якості електроенергії при живленні розрядних джерел світла.

В таких умовах на перший план висувається необхідність дослідження сучасних ПРА, в особливості ЕПРА, дослідження можливостей по їх поліпшенню та конструюванню відмінних зразків. Саме це є метою даного дослідження.

## 1. Аналіз конструкції ЕмПРА та ЕПРА

Найпростіший ПРА – електромагнітний, представляє собою дросель, що вмикається послідовно з РЛ. Так на прикладі люмінесцентної лампи (ЛЛ) можна проілюструвати рисунком 1.

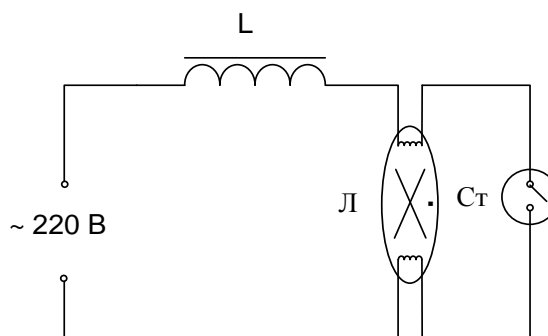


Рисунок 1 – Схема ввімкнення ЛЛ з дроселем та стартером.

В зовнішньому освітленні широко використовуються РЛВТ типу ДРЛ, що також підключаються до

мережі живлення з проміжним дроселем (найпростіший ПРА; ЕмПРА; див. рис. 2). Перші лампи типу ДРЛ передбачали використання спеціального імпульсного запалюючого пристрою (ІЗП). Наразі ІЗП використовується впри підключенні розрядних ламп високого тиску типу ДРИ та ДНаТ, що значно ускладнює схему ввімкнення РЛ (рис. 3).

Наступною сходинкою в конструюванні ПРА стали електронні ПРА, що забезпечують низьке споживання електроенергії, керування світловим потоком ламп.

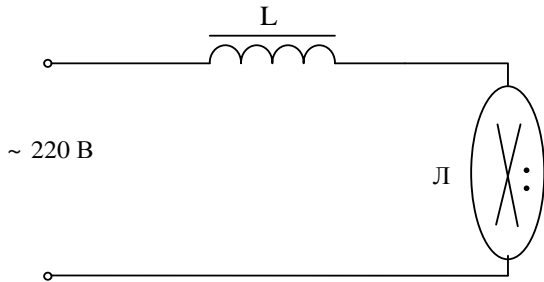


Рисунок 2 – Схема ввімкнення РЛВТ типу ДРЛ з послідовно ввімкненим дроселем

Також використання ЕПРА дозволяє відмовитись від ІЗП, що покращує техніко-економічні показники ПРА й підвищує надійність роботи РЛ.

Схема ввімкнення РЛВТ типу ДНаТ з ІЗП паралельного включення приведена на рис. 3.

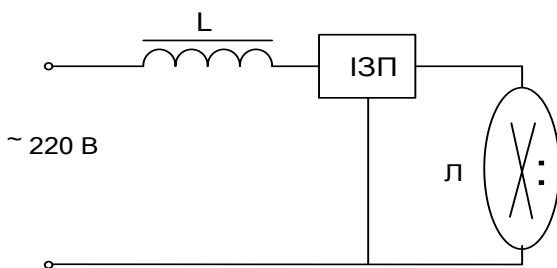


Рисунок 3 – Схема ввімкнення РЛВТ типу ДНаТ з ІЗП

На відміну від ЕмПРА електронний пускорегулюючий апарат (ЕПРА) має підвищену частоту роботи й відповідно дросель має на декілька порядків меншу індуктивність і розміри.

Загалом ЕПРА складається з випрямляча, фільтру, коректора потужності (КП), генератора височастотного сигналу (ГВС), та керуючого блоку (КБ) [1], отже такий ЕПРА являється керованим джерелом живлення розрядної лампи (рис.4).

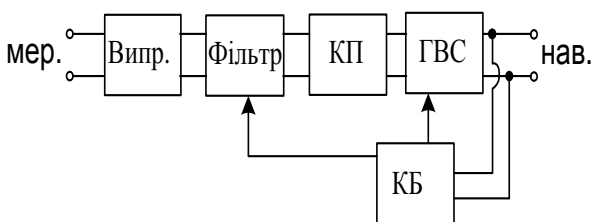


Рисунок 4 – Типова блок-схема ЕПРА

Дана типова блок-схема відповідає як ЕПРА для ламп низького тиску так і для ламп високого тиску, крім того приведені блоки мають місце у ЕПРА різних виробників. При цьому ЕПРА відрізняються характеристиками (схемами) включених блоків, включенням додаткових блоків, спрощенням шляхом об'єднання чи виключення частини блоків, а також реалізацією блоку керування, дім меру, та методами і підходами, що забезпечують керування світловим потоком.

Отже, враховуючи ситуацію на ринку першочерговим є забезпечення енергоощадного, нешкідливого для лампи керування.

## 2. Розробка принципів керування освітленням

Принципи керування освітленням розглянемо на прикладі ЕмПРА з керуючим елементом (рис.1).

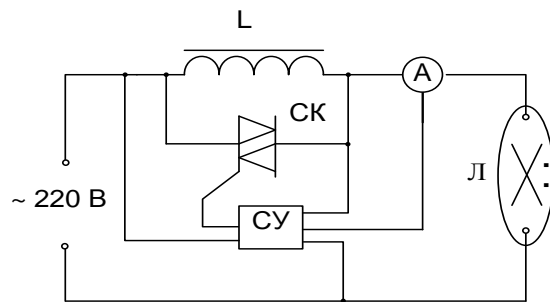


Рисунок 5 – Схема ввімкнення РЛВТ з керованим ЕмПРА

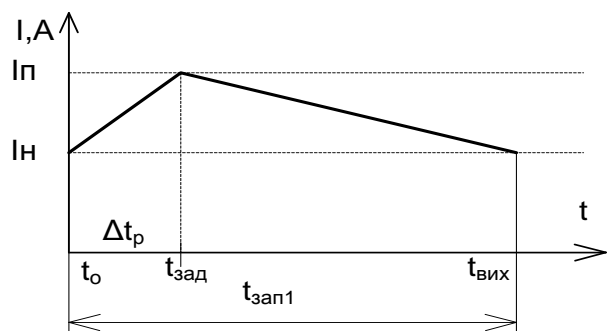


Рисунок 6 – Робота лампи в режимі запалення за першим варіантом

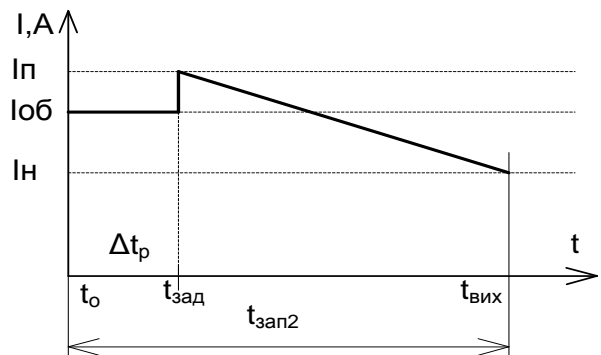


Рисунок 7 – Робота лампи в режимі запалення за другим варіантом

На рисунках номер 6 та 7 позначено:  $t_{зап.і} = t_{зап.н} - \Delta t_{зап.і}$  – час запалювання при зміні режиму запалювання за і-м варіантом, де  $\Delta t_{зап.і}$  – час, зекономлений на запалюванні лампи,  $t_{зап.н}$  – номінальний час запалювання лампи;  $t_{зад}$  – заданий час виходу з регульованої ділянки;  $t_{вих}$  – час виходу лампи на номінальний режим;  $\Delta t_p$  – час регулювання струму через лампу;  $I_p$  – пікове значення струму лампи (в момент включення холодної лампи);  $I_{об}$  – обмежене значення струму,  $I_n$  – номінальний струм лампи.

Режим експлуатації лампи не є постійним, із зміною як зовнішніх (напруга мережі) так і внутрішніх параметрів (провідність лампи за весь час її експлуатації змінюється, в тому числі й безпосередньо в режимі запалення).

Режим запалення у РЛВТ досить тривалий (ДРЛ  $\approx 5,5$  хв., ДНаТ  $\approx 7,5$  хв.) тому пускові струми значно впливають на розрядну лампу, й має сенс пришвидшити запалювання, знижуючи їх негативний вплив.

Плавне керування парами тиристорів (симісторним ключем; СК) дозволяє системі керування виявити оптимальний режим експлуатації лампи, керувати її роботою.

Враховуючи проведену роботу висуваємо наступний перелік вимог та побажань до ПРА:

- 1) забезпечення запалення лампи в щадному режимі (рис. 5 та рис. 6);
- 2) забезпечення ощадного вимикання лампи (плавне зниження прикладеної напруги);
- 3) постійне стеження за параметрами мережі живлення та елементів схеми (напруга на лампі, струм в ланцюги, падіння напруги на дроселі);
- 4) плавне регулювання значень L і C, для компенсації реактивної потужності (дроселя і або лампи);
- 5) обмеження імпульсу запалення 4 кВ (для схем з лампами, що вимагають його), при новій лампі. Якщо при першому запаленні імпульс в 4 кВ не дає пробою міжелектродного проміжку, то наступна серія імпульсів - 4,5 кВ, якщо і при цьому проміжок не пробивається тоді наступна серія імпульсів - 5,0 кВ. Система зберігає інформацію про кожне "перше" запалення після тривалого вимкнення ( денний режим). При не запаленні лампи після 3-х серій імпульсів система подає сигнал про вихід лампи з ладу;
- 6) контроль температури зовнішнього середовища та елементів ПРА;
- 7) реалізація "передбачень", тобто методу попереджувального керування, коли мікропроцесор, вбудований в ПРА розраховує наперед розвиток процесів і подає керуючі сигнали з деяким випередженням.
- 8) можливість регулювання робочої частоти, для роботи лампи в оптимальному режимі;
- 9) обмеження амплітуди пускового та робочого струмів в регламентованих межах.

**Висновки.** 1. Сучасні ЕмПРА, завдяки використанню при їх виробництві останніх технічних рішень мають втрати на рівні 7%, що майже відповідає втра-

там в некерованих ЕПРА.

2. Сучасні керовані ЕПРА мають ряд переваг, серед яких робота на підвищеній частоті та можливість керування світловим потоком світильників.

3. Запропонований підхід до конструювання керованого ЕмПРА може надати ЕмПРА ряд переваг.

4. Запропоновані вимоги до ПРА, логічні та можуть використовуватись при конструюванні більш складних ПРА, в тому числі й ЕПРА, що працюють на підвищеній частоті.

#### Список використаних джерел

1. Айзенберг Ю. Б. Энергосбережение в освещении / Ю. Б. Айзенберг, М. Ю. Березин, Л. П. Варфоломеев, В. О. Горнов, М. Л. Григоренко, В. И. Петров, В. Ю. Погребной, Н. В. Рожкова, А. М. Троицкий, А. Г. Фомин, Э.Д. Шлифер; под ред Ю.Б. Айзенберга – М.: изд. "Занак", 1999, – 264 с.
2. Краснопольский А. Е. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп / А. Е. Краснопольский, В. Б. Соколов, А. М. Троицкий – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 207 с.
3. Афанасьева Е. И., Скобелев В. М. Источники света и пускорегулирующая аппаратура / Е.И. Афанасьева, В. М. Скобелев. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 272 с.
4. Егорова О. Ю. Анализ работы газоразрядных ламп с пускорегулирующими аппаратами разных типов / О. Ю. Егорова, Ю. Н. Кушнарёва // Системы обработки информации, 2009, выпуск 3 (77)
5. Шелегеда Б. Г. Экономия ресурсов при использовании энергоэффективных источников света / Б. Г. Шелегеда, Л. В. Кравцова // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2004. – Вып. 56. – С. 14 – 21. – (Серия "Экономические науки"). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eprints.ksame.kharkov.ua/2400/>

#### Аннотация

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

Якунин А. А., Воропай В. Г.

*Рассмотрены вопросы использования электронных ПРА их преимущества и недостатки, выдвинуты предложения касательно принципов управления осветительными установками.*

#### Abstract

#### INVESTIGATIONS DISCHARGE LAMPS BALLASTS

O. Yakunin, V. Voropay

*Electronic ballasts is observed. The analysis of their advantages and deficiencies is carried out. The offers on management of lighting installations is brought.*