

АНОТАЦІЯ

Шурхай А.І. Методи підвищення ефективності пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Роботу присвячено питанням підвищення ефективності пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп. Проведено аналіз роботи люмінесцентних ламп та встановлено, що ефективність їх функціонування визначається рядом зовнішніх та внутрішніх факторів, які повинні бути враховані при проектуванні пуско-регулюючих пристроїв, зокрема електронних. Розглянуто типи систем автоматизованого проектування пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп та запропоновано способи їх удосконалення.

Ключові слова: пуско-регулюючий пристрій, підвищення ефективності, люмінесцентна лампа.

ABSTRACT

Shurhai A.I. Methods of increasing the efficiency of starting and regulating devices of fluorescent lamps. – Manuscript. Master's qualifying work, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, 2019.

The work is devoted to the issues of increasing the efficiency of starting and regulating devices of fluorescent lamps. The analysis of the operation of fluorescent lamps and found that the effectiveness of their functioning is determined by a number of external and internal factors that must be taken into account when designing start-up and control devices, in particular electronic ones. The types of computer-aided design systems of starting-control devices of fluorescent lamps are considered and ways of their improvement are offered.

Keywords: start-up device, efficiency increase, fluorescent lamp.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

ВАХ – вольт-амперна характеристика;

ЕМЗ – електромагнітні завади;

ЕМС – електромагнітна сумісність;

ЕПРП – електронний пуско-регулюючий пристрій;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ЛЛ – люмінесцентна лампа;

ПРП – пуско-регулюючий пристрій;

ПРП КТ – пуско-регулюючий пристрій ключового типу;

РЕА – радіоелектронна апаратура.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. ЗАДАЧА РОЗРОБЛЕННЯ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЛАМПАМ ДЕННОГО СВІТЛА.....	11
1.1 Історичні моменти розроблення ламп денного світла.....	11
1.2 Структура ламп денного світла.....	12
1.3 Класифікація схем пуско-регулюючих пристроїв.....	14
1.4 Електронні пуско-регулюючі пристрої.....	17
1.5 Приклад реалізації структури електронних пуско-регулюючих пристроїв.....	19
1.6 Задача проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв.....	20
1.7 Висновки до розділу 1.....	21
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ.....	23
2.1 Методи розрахунку режимів роботи електронних пуско-регулюючих пристроїв.....	23
2.2 Розрахунок схем пуско-регулюючих пристроїв з використанням принципу Штрауха.....	26
2.3 Розрахунок схем пуско-регулюючих пристроїв методом диференціальної апроксимації електричних параметрів ЛДС.....	28
2.4 Висновки до розділу 2.....	35
РОЗДІЛ 3. ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕС ПРОЕКТУВАННЯ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ.....	36
3.1 Джерела електромагнітних завад в пуско-регулюючих пристроях.....	36
3.2 Ефективне використання електроенергії в пуско-регулюючих пристроях.....	39
3.3 Шум пуско-регулюючих пристроїв.....	46
3.4 Висновки до розділу 3.....	50
РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИЗОВАНІ ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ.....	52

	8
4.1 Аналіз засобів проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв	52
4.2 Підвищення ефективності проектування пуско-регулюючих пристроїв	61
4.3 Висновки до розділу 4	62
РОЗДІЛ 5. СПЕЦАЛЬНА ЧАСТИНА	63
5.1 Особливості роботи в середовищі MATLAB	63
5.2 Моделювання сигналів електронних пуско-регулюючих пристроїв засобами середовища MATLAB	65
РОЗДІЛ 6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	75
6.1 Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи	75
6.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи	76
6.3. Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи	82
6.4 Висновки до розділу 6	86
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРПЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	87
7.1 Охорона праці	87
7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	97
РОЗДІЛ 8. ЕКОЛОГІЯ	111
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища	111
8.2 Забруднення довкілля, що виникають в результаті виготовлення друкованої плати пуско-регулюючих пристроїв	111
8.3 Заходи щодо зменшення забруднення довкілля	114
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	116
Бібліографія	118
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Проведений аналіз стану проблеми проектування пуско-регулюючих пристроїв (ПРП) люмінесцентних лампам показав, що існує ряд зовнішніх та внутрішніх факторів, які в значній степені впливають на ефективність їхньої роботи. При цьому, найкращими параметрами та режимами роботи володіють електронні пуско-регулюючі пристрої, до переваг яких можна віднести вплив на здоров'я, комфортність, економічність та екологічність. В першому випадку такий ПРП буде відпрацьовувати режими мимовільного пуску та стробоскопічні ефекти, а саме світло буде більш приємним. В другому випадку ПРП буде забезпечувати стабільність світіння при наявності перепадів напруги в мережі, можливість регулювання самого процесу світіння і його параметрів тощо. В третьому випадку підвищиться якість споживання електроенергії, значно зменшиться енергоспоживання в порівнянні із лампами розжарювання, збільшиться ресурс роботи завдяки забезпеченню регульованих режимів пуску та роботи люмінесцентних ламп тощо. В четвертому випадку значно зменшиться кількість відходів самих люмінесцентних ламп через підвищення ресурсу їхньої роботи. При цьому, актуальним є питання розроблення ефективних для роботи в усталених, перехідних та аномальних режимах електронних ПРП.

Відомими є програмні засоби проектування електронних ПРП (зокрема Ballast Designer), які дозволяють частково автоматизувати процес проектування електронних ПРП та оптимізувати вибір окремих схематехнічних рішень реалізації таких ПРП. Однак в таких програмних продуктах не враховується багато факторів, які впливають на ефективність роботи таких ПРП.

Тому, актуальною є задача розроблення методів підвищення ефективності ПРП люмінесцентних ламп шляхом врахування згаданих факторів в системах автоматизованого проектування електронних ПРП.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розроблення

методів підвищення ефективності пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп. Досягнення цієї мети вимагає розв'язання таких задач:

1. Провести аналітичний огляд літературних джерел за тематикою дослідження;
2. Провести аналіз типів ПРП та способів їх виконання;
3. Проаналізувати режими роботи електронних ПРП та визначити їх позитивні та негативні сторони з метою обґрунтування способів підвищення їхньої ефективності;
4. Запропонувати метод підвищення ефективності пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп.

Об'єкт дослідження: процес підвищення ефективності пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп.

Предмет дослідження: метод підвищення ефективності пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропоновано метод підвищення ефективності пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп шляхом оптимізації процесу автоматизованого проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв із врахуванням додаткових зовнішніх та внутрішніх факторів, які визначають топологію самого пристрою.

Практичне значення одержаних результатів. Одержані результати можуть бути використані при проектуванні високоефективних пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп.

Публікації. Викладені в роботі результати доповідалися і обговорювалися на VII науково-технічній конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі, системи та технології».

РОЗДІЛ 1

ЗАДАЧА РОЗРОБЛЕННЯ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЛАМПАМ
ДЕННОГО СВІТЛА

1.1 Історичні моменти розроблення ламп денного світла

Можливість слабого світіння скляних посудин, що містять ртутні пари в вакуумі, була помічена ще в XVII ст. [1] Після винаходу ртутних барометрів. Але протягом кількох століть вона була забута. Лише у другій половині XIX ст. була знову проведена серія експериментів по пропускання струму через гази, і тоді ж було помічено, що тиск газу помітно впливає на його світловипромінювання властивості [1].

В кінці 1890-х-початку 1900-х років в США були вперше розроблені газорозрядні трубки, призначені для цілей освітлення. На основі цієї ідеї в різний час були створені газоосвітлювані («неонові») трубки [2], люмінесцентні лампи, лампи тліючого розряду і натрієві лампи низького тиску.

Поетапне поліпшення характеристик розрядних трубок призвело до створення в 1930-х роках традиційних люмінесцентних ламп. Спочатку був знайдений оптимальний по світловіддачі газ (пари ртуті при низькому тиску) і підібрано найкращий тиск. Отримана ртутна лампа низького тиску давала прийнятну кількість світла (4-6 м/Вт), проте її світло мало виражений зеленуватий відтінок і, отже, погану передачу кольору [1].

Ця особливість пов'язана з тим, що основна потужність випромінювання розряду зосереджена в ультрафіолетовому спектрі, що не сприймається людським оком. виправити становище вдалося тільки з винаходом спеціальних речовин люмінофорів, здатних перетворювати невидиме ультрафіолетове випромінювання в видиме світло.

Подальші удосконалення кольору люмінесцентних ламп торкнулись в

основному хімічного складу і спектральних властивостей люмінофорів. Були створені «трьохсмугові» і «п'ятисмугові» лампи [1,3], що містять по три і п'ять кольорових люмінофорів, відповідно. Принцип отримання білого світла в таких лампах запозичений з формування квітів на екранах кольорових телевізорів і моніторів [1]. Поява більш ефективних люмінофорів сприяла і зменшенню розмірів ламп.

Залежно від властивостей люмінофора його світіння може приймати практично будь-які відтінки: від насиченого кольорового до білого з будь-якою колірною температурою.

За час існування люмінесцентних ламп вони стали основним джерелом світла в освітленні громадських будівель і споруд, де основними вимогами є великі світлові потоки, різноманітність кольорів і висока енергоефективність [2].

Новий виток розвитку люмінесцентних джерел світла низького тиску почався в 90-х роках ХХ ст. з освоєнням технології безелектродних ламп [1-3]. Їх будова аналогічна традиційним люмінесцентним лампам, але світіння розряду викликається не протіканням всередині колби струмом, а зовнішнім електромагнітним полем. Колба, таким чином, не містить схильних до руйнування електродів і термін служби лампи набагато збільшується.

1.2 Структура ламп денного світла

Люмінесцентна лампа (ЛЛ) або лампа денного світла (ЛДС) є газорозрядним джерелом світла (рис. 1.1). Така лампа з точки зору конструктивних особливостей є скляною трубкою із шаром напиленого з внутрішньої сторони шару спеціального матеріалу – люмінофор. На кінцях такої трубки розміщуються вольфрамові спіралі. Внутрішній об'єм лампи заповнений парами ртуті або інертних газів.

Низький тиск парів всередині лампи сприяє виникненню інтенсивного випромінювання в розряді в діапазоні довжин хвиль порядку 185-254 нм, що

відповідає ультрафіолетовому випромінюванню. Під дією напруги живлення електродів лампи виникає електричне поле із певною напруженістю, що спричинює виникнення газового розряду всередині лампи.

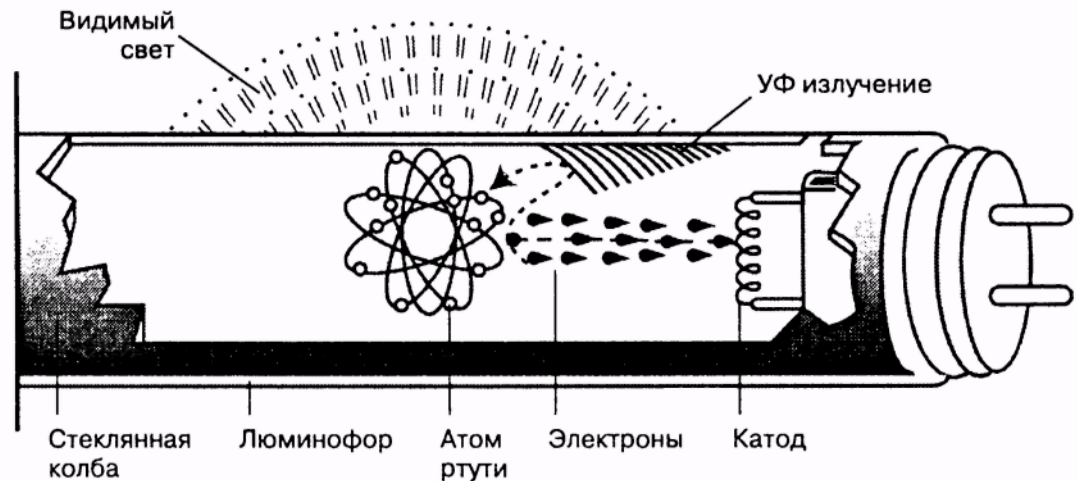


Рис. 1.1. Будова люмінесцентної лампи

Під впливом УФ випромінювання викликає світіння шару люмінофора у видимій області спектру, а скло ЛДС протидіє поширенню УФ випромінювання назовні такої лампи.

Поширеними сьогодні є ЛДС із застосуванням амальгам індію та кобальту, при цьому, значно нижчий тиск парів ртуті забезпечує можливість підвищення діапазону температур оптимальної світловіддачі.

У випадку зростання зовнішньої температури повітря навколо ЛДС вище допустимих значень відбувається підвищення температури стінок самої лампи, що призводить до зниження інтенсивності випромінювання та світлового потоку.

Тому перспективною є технологія так званих без ртутних ламп, в яких виникають розряди низького тиску в середовищах інертних газів. При цьому, збудження шару люмінофору відбувається випромінюванням із значно нижчою довжиною хвилі порядку 55-145 нм. При цьому також світлові параметри таких ламп залишаються практично незмінними, оскільки тиск

інертних галів дуже незначно залежить від температури навколишнього середовища.

Проблема функціонування ЛДС за низьких температур може бути вирішена декількома способами, зокрема:

- застосуванням ЛДС нового покоління;
- застосуванням компактних ЛДС;
- живленням ЛДС від високочастотних електронних пуско-регулювальних пристроїв (ЕПРП).

Важливим є той факт, що ресурс ЛДС обмежений процесами виснаження спіралей електродів. Також на цей фактор впливають зміни параметрів напруги живлення, які при живленні від звичайної електромережі можуть бути значними. Перехідні процеси при включеннях та виключеннях ламп також знижують ресурс роботи ЛДС. При використанні ЕПРП ці фактори зведені до мінімуму.

1.3 Класифікація схем пуско-регулюючих пристроїв

Під пуско-регулюючим пристроєм (ПРП) розуміється технічний засіб, модуль чи блок, який забезпечує живленням електроди ЛДС та відслідковує (за можливості) процеси запалювання лампи та режими роботи її і компенсує перехідні і аварійні режими.

ПРП в ЛДС забезпечують запалювання ЛДС. При цьому необхідним є забезпечення правильного режиму роботи ПРП та підтримання його вихідних параметрів на холостому ході. До таких параметрів слід віднести параметри напруги живлення, зокрема її амплітудне значення в момент пуску, форму напруги, обмеження струму в момент пуску, тобто забезпечення режиму підігріву електродів.

Також ПРП повинен забезпечувати і підтримувати робочі режими ЛДС після її пуску. Сюди відносяться час пуску лампи та характер зміни величини струму через електроди під час процесу пуску ЛДС.

ПРП має підтримувати стабільний режим роботи ЛДС при коливаннях напруги живлення в електромережі. Це реалізовується з допомогою струмообмежуючих вузлів чи елементів в самому ПРП.

Крім тих елементів ПРП, що виконують його основні функції, в схему апарату може бути включене додаткове джерело живлення. Структурна схема типового ПРП показана на рис. 1.2.

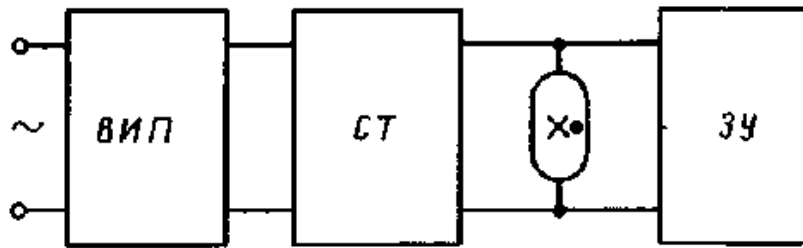


Рис. 1.2 Структурна схема ПРП (ВДЖ – вторинне джерело живлення; СТ – стабілізатор струму; ЗП – запалюючий пристрій)

Крім основних функцій пуску та підтримання стабільного режиму роботи ЛДС, ПРП може виконувати функції подавлення електромагнітних завад, що виникають при функціонуванні ЛДС, зокрема в моменти їх пуску, стабілізувати значення світлового потоку, корегувати коефіцієнт потужності схеми тощо.

З точки зору інженерних та економічних показників, ПРП повинен задовольняти певним вимогам, зокрема мінімальність власних втрат, масо габаритних параметрів, вартості, максимальність надійності тощо.

Відповідно існує велика кількість схемо-технічних рішень реалізації ПРП, що задовольняють ті чи інші групи вимог.

Класифікація схем ПРП може бути наступною: за видом реалізації струмообмежуючих кіл, за режимами пуску та роботи ЛДС, за видом джерела живлення, за кількістю ЛДС тощо. Для аналізу ПРП найзручнішою є класифікація за способами реалізації вузлів струмообмежуючих елементів. Класи таких ПРП наведені на рис. 1.3, а самі ПРП поділяються на класи електромагнітних, напівпровідникових та комбінованих ПРП.

До першого класу належать ПРП з струмообмежуючими елементами, які носять чисто активний або реактивний характер та поєднання їх. Для їхнього живлення застосовується напруга електромережі або напруга підвищеної частоти. До таких ПРП належать індуктивні та індуктивно-ємнісні схеми реалізації ПРП тощо та можуть використовувати стартери для пуску ламп.

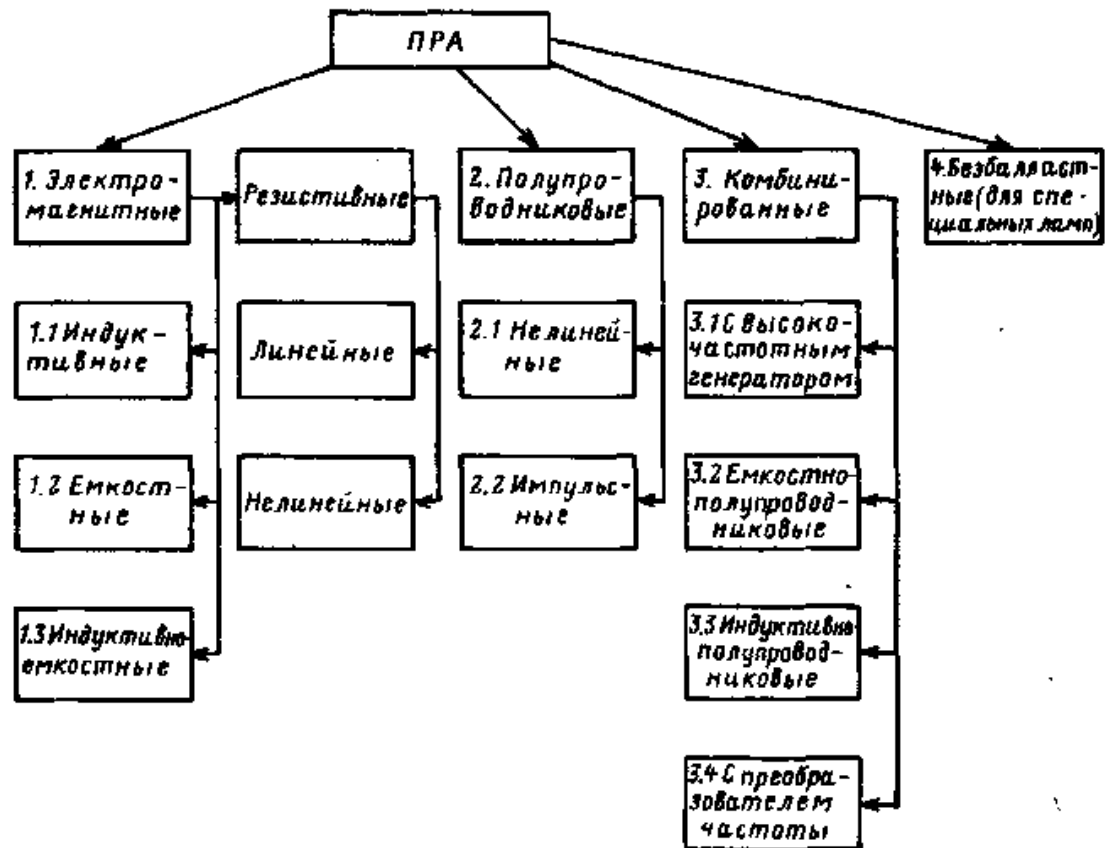


Рис. 1.3. Класифікація ПРП для ЛДС за типом струмообмежуючих елементів

Резистивні ПРП використовуються для під'єднання ЛДС до кіл постійного струму або електромережі. Такі ПРП володіють низьким ККД і не є поширеними.

У напівпровідникових ПРП функція стабілізації струму живлення електродів ЛДС реалізується на основі застосування напівпровідникових елементів.

1.4 Електронні пуско-регулюючі пристрої

Директивою Європейської комісії №2000 / 55 / ЄС наказана заборона на продаж і застосування електромагнітних ПРП з метою прискорення повсюдного впровадження ЕПРП (електронних баластів) в країнах Євросоюзу.

Директива комісії ЄС про заборону використання електромагнітних ПРП, можливо з деякою затримкою, але неминуче вплине на прийняття аналогічних рішень і в Росії. Відрадным виглядає досвід Білорусії. Там забороняють встановлювати ПРП (стартери і дроселі) в дошкільних і шкільних установах, навчальних закладах і лікарнях, а також на підприємствах, де потрібне якісне освітлення.

Перевагами електронних ПРП є вплив на здоров'я, комфортність, економічність та екологічність. В першому випадку такий ПРП буде відпрацьовувати режими мимовільного пуску та стробоскопічні ефекти, а саме світло буде більш приємним. В другому випадку ПРП буде забезпечувати стабільність світіння при наявності перепадів напруги в мережі, можливість регулювання самого процесу світіння і його параметрів тощо. В третьому випадку підвищиться якість споживання електроенергії, значно зменшиться енергоспоживання в порівнянні із лампами розжарювання, збільшиться ресурс роботи завдяки забезпеченню регульованих режимів пуску та роботи ЛДС тощо. В четвертому випадку значно зменшиться кількість відходів самих ЛДС через підвищення ресурсу їхньої роботи.

В даний час існує велика різноманітність електронних ПРП, що різняться між собою номенклатурою ЛДС, які можуть використовуватись із цими ПРП, функціями керування величиною світлового потоку, режимами пуску ЛДС, додатковими функціями захисту від перепадів напруг та аварійних ситуацій тощо.

Однією з провідних компаній в розробці і виробництві контролерів для керуючого каскаду залишається Int. Rectifier, США [<http://www.irf.com>]. Однак останнім часом серйозну конкуренцію їм надають компанії THOMSON та

PHILIPS.

OSRAM і TRIDONIC для зменшення номенклатури виробів приступили до випуску уніфікованих ЕППП, призначених не для одного типу ламп, а для всієї серії ламп різної потужності. Апарати Quicktronic-Multiwatt від OSRAM можуть працювати з люмінесцентними лампами 17 типорозмірів потужністю від 18 до 64 Вт і дозволяють створювати більш 100 комбінацій з лінійних, компактних кільцевих ламп. Але ці ЕППП не забезпечують плавне регулювання потужності ламп.

Серйозні розробки ведуться на шляху створення систем управління освітленості, які дійсно вирішують завдання підвищення комфортності і економії електроенергії. Австрійська компанія TRIDONIC просуває на ринок так звані керовані ЕППП, що дозволяють управляти потужністю світлового потоку. Наприклад, апарати серії EXCEL дозволяють управляти потужністю ламп будь-яким з чотирьох способів: простим кнопковим включенням, за допомогою датчика освітленості, цифрових сигналів стандарту DSI і цифрового сигналу стандарту DALI.

Використання ЕППП з датчиками освітленості, присутності і часу дозволяє заощадити до 70% електроенергії, що витрачається на освітлення. З огляду на, що частка люмінесцентних світильників адміністративних приміщень становить до 50% від загального енергоспоживання в цих приміщеннях, впровадження автоматизованих систем керування освітленням дозволяє заощадити десятки кіловат-годин на рік. На поточний момент ці системи досить дорогі і широкого застосування не знаходять.

Електричні параметри ЕППП

Електричні параметри ЕППП різних фірм практично однакові:

- ККД - від 80 до 90%;
- коефіцієнт потужності - не нижче 0,98;
- широкий діапазон напруг живлення.

Вітчизняні електронні ПРП

У лінійці ЕППП є апарати з холодним пуском (не більше п'яти включень

в день) і з попередніми прогріванням електродів (з необмеженим включенням в день).

Безсумнівно, провідні західні компанії-виробники ЕПРП, добре розуміючи перспективи ринку, пропонують широкий вибір цих виробів. Уже кілька років тому відзначилися своєю присутністю в нашій країні компанії OSRAM, HELVAR, TRIDONIC, VOSLOH SCHWABE, PHILIPS та ін.

1.5 Приклад реалізації структури електронних пуско-регулюючих пристроїв

Проаналізуємо роботу електронного ПРП, структурна схема якого наведена на рис. 3.13. З допомогою напівпровідникових комутаторів Кл1 і Кл2 ЛДС EL до кіл живлення постійної напруги 310 В. При цьому формуються однополярні високочастотні імпульси напруги, які запускають саму ЛДС.

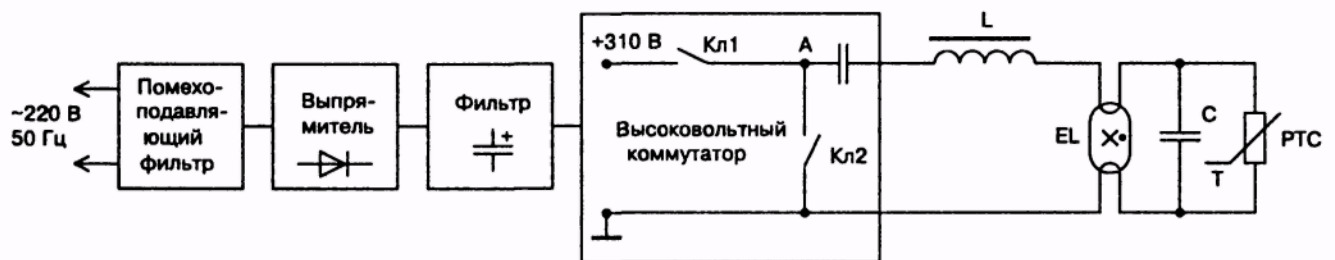


Рис. 1.4. Структурна схема електронного ПРП

Щоб забезпечити плавний пуск ЛДС необхідно спочатку провести підігрів її електродів. Для ламп малих потужностей цю функцію може виконувати конденсатор С, ввімкнений так як показано на рис. 1.4. Іншим способом є використання термісторів з додатним температурним коефіцієнтом - позисторів. У холодному стані опір позистора є низьким, і струм через електроди розігріває їх. Також проходить нагрів і самого позистора. При певній температурі опір позистора починає зростати, коло підігріву електродів розмикається, а сама ЛДС запалюється. Далше позистор шунтується низьким

опором між електродами самої запаленої ЛДС. Використання позистора дозволяє лампі запалюватися плавно і знижує знос електродів, що продовжує термін служби лампи до 20 тис. годин.

Існує також метод попереднього прогріву катодів (більш прогресивний), що полягає в тому, що при прогріванні частота драйвера вище резонансної частоти живлення лампи. В результаті лампа спочатку прогрівається і тільки після того, як частота драйвера знижується до резонансної, - підпалюється.

1.6 Задача проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв

При роботі ЛДС в колах постійного і змінного струму можна виділити наступні основні режими: режим пуску, перехідний режим, усталений режим при нормально і аномально працюючій лампі.

В режимі пуску електропровідність ЛДС є низькою і тому коло включення може розглядатися як працююче без лампи. В цьому режимі струми в гілках і напруги на елементах схеми можуть істотно відрізнятися від таких у робочих режимах. При пускові можливим є застосування малопотужних високовольтних генераторів імпульсного струму. Для ртутних ламп низького тиску застосовуються пристрої для попереднього підігріву електродів, причому зазвичай значення струму підігріву вище робочого. Тривалість пускового режиму, як правило, не перевищує кількох десятків секунд. Однак при несправній лампі або стартері, відсутності лампи, контакту в ланцюзі і т.д. цей режим може затягнутися. Тому елементи схеми включення повинні бути розраховані на досить тривалу роботу в такому режимі.

Перехідний режим визначається інерційністю розгоряння самої лампи, зокрема зміною індуктивності та активного опору електродів у часі. Так, для всіх ламп високого тиску в період їх запалювання із збільшенням температури скляного корпусу зростає і падіння напруги. Схема включення повинна забезпечувати струм лампи, достатній для її розігріву. У лампах типу ДРІ при розгоранні може істотно підвищитися напруга перезапалювання. Для

запобігання згасання лампи в такому режимі схема повинна забезпечувати необхідну напругу перезагорання на електродах лампи. Тривалість режиму розгорання зазвичай не перевищує декількох хвилин. Однак у випадку несправної лампи або важких експлуатаційних умовах режим розгорання може займати більше часу.

В усталеному режимі електричні параметри в колах живлення ЛДС повинні відповідати заявленим вимогам. Форма струму лампи, як правило, не повинна істотно відрізнятися від синусоїдальної (для більшості ламп це враховується обмеженням коефіцієнта амплітуди струму лампи і використанням режиму роботи без пауз струму). При допустимих змінах напруги джерела живлення, параметрів схеми, а також електричних параметрів ламп режими роботи лампи (перш за все її струм і потужність) не повинні виходити за допустимі межі, тобто ПРП повинен забезпечувати необхідну стабільність режимів роботи лампи.

В деяких типах ламп і при наявних дефектах може спостерігатися режим роботи, який називають аномальним. В аномальному режимі параметри лампи істотно відрізняються від паспортних, причому, як правило, істотно зростає напруга перезагорання в той напівперіод, коли дезактивований електрод є катодом. У ртутних лампах високого тиску може зменшуватися усталена напруга. Часто до аномальних режимів відносять режими, що виникають при тривалому розгоранні лампи, які можуть виникати при несправності лампи, при несправній схемі включення або при певних зовнішніх впливах (наприклад при зниженій температурі навколишнього середовища). Тривала робота в аномальному режимі може привести до електричних перевантажень елементів схеми включення.

1.7 Висновки до розділу 1

В розділі проведено аналіз стану проблеми проектування пуско-регулюючих пристроїв лампам денного світла.

При цьому розглянуто історичні етапи розроблення ламп денного світла, їхню структуру, принципи роботи та проблема функціонування.

Розглянуто класифікацію схем пуско-регулюючих пристроїв, зокрема за видом реалізації струмообмежуючих кіл, за режимами пуску та роботи ЛДС, за видом джерела живлення, за кількістю ЛДС тощо.

Встановлено, що найкращими параметрами та режимами роботи володіють електронні пуско-регулюючі пристрої, до переваг яких можна віднести вплив на здоров'я, комфортність, економічність та екологічність. В першому випадку такий ПРП буде відпрацьовувати режими мимовільного пуску та стробоскопічні ефекти, а саме світло буде більш приємним. В другому випадку ПРП буде забезпечувати стабільність світіння при наявності перепадів напруги в мережі, можливість регулювання самого процесу світіння і його параметрів тощо. В третьому випадку підвищиться якість споживання електроенергії, значно зменшиться енергоспоживання в порівнянні із лампами розжарювання, збільшиться ресурс роботи завдяки забезпеченню регульованих режимів пуску та роботи ЛДС тощо. В четвертому випадку значно зменшиться кількість відходів самих ЛДС через підвищення ресурсу їхньої роботи.

При цьому, актуальним є питання розроблення ефективних для роботи в усталених, перехідних та аномальних режимах пуско-регулюючих пристроїв.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

2.1 Методи розрахунку режимів роботи електронних пуско-регулюючих пристроїв

При розрахунку робочих режимів кіл з ЛДС в основному використовуються два принципи. Один з них, полягає в заміні ЛДС на еквівалентний генератор з нульовим внутрішнім опором, тобто на припущенні, що форма напруги на електродах ЛДС не залежить від форми струму, що протікає через електроди. Цей принцип запропонований Г.Штраухом і носить його ім'я. Відповідно до виду апроксимуючої залежності форми кривої напруги на електродах ЛДС розрізняють чотири різних методи розрахунку. Це – методи еквівалентних синусоїд, еквівалентних перетворень, гармонійного аналізу та операторний метод.

Розглянемо переваги і недоліки методів розрахунку, що використовують зазначені принципи.

Метод еквівалентних синусоїд стосовно розрахунку робочих режимів ЛДС застосовується в практиці попередніх оцінок різних схем ПРП. У цьому методі форма напруги на лампі замінюється еквівалентною синусоїдальною, при цьому напруга є зсунута відносно струму. При формі напруги на лампі, близькій до трапецієвидної, в схемі з індуктивним баластом $\alpha_{л} = 6 \div 14^\circ$. Для зазначеної схеми отримані вирази для діючих значень напруги на дроселі

$$U_{др} = \sqrt{U_{п}^2 - U_{л}^2 \cos(\alpha_{л} + \alpha_{др})} - U_{л} \sin(\alpha_{л} + \alpha_{др}), \quad (2.1)$$

$$[\alpha_{др} = P_{др} / (U_{др} I_{др})]$$

де $\alpha_{др}$ — кут втрат в дроселі, і для струму лампи

$$I_{л} = I_{др} = \frac{U_{др}}{x \omega L}, \quad (2.2)$$

де x – емпіричний коефіцієнт, що враховує деяке збільшення еквівалентного індуктивного опору дроселя через появу вищих гармонік в струмі лампи ($x > 1$).

Метод еквівалентних синусоїд дає похибку близько 10-15% навіть при розрахунку найпростіших лінійних схем і не дозволяє розрахувати гармонійний склад струму лампи, умови роботи без пауз струму, тривалість струмової паузи тощо.

В даний час метод еквівалентних синусоїд широко застосовується лише при розрахунку схем на підвищеній частоті (400 Гц і вище) при синусоїдальній формі напруги живлення. На промисловій частоті метод еквівалентних синусоїд використовується лише для оціночних розрахунків.

Решта три методи, засновані на принципі Штрауха, рівнозначні з точки зору одержуваного результату і обмежень при їх використанні. Методи можуть застосовуватися лише для розрахунку кіл з лінійними електромагнітними елементами. Методи дозволяють розраховувати всі необхідні режими роботи лампи в контурі: з паузами і без пауз струму, нормальні і аномальні, усталені і перехідні.

Метод еквівалентних перетворень може застосовуватись для аналізу режимів роботи ЛДС як з паузою, так і без паузи струму, в нормальному і аномальному режимах. У методі еквівалентних перетворень форма напруги на лампі наближається певною залежністю і описується алгебраїчним виразом. Потім проводиться інтегрування диференціальних рівнянь електричного кола. При кусково-лінійній апроксимації інтегрування виконується на окремих ділянках.

Однак метод має недолік, пов'язаний з однопівперіодною апроксимацією. При розрахунку усталених режимів значення початкових напруг на конденсаторах і струмів дроселів знаходяться з розв'язків системи

трансцендентних рівнянь, що ускладнює отримання простих розрахункових формул для складних схем. Вказана обставина також істотно ускладнює розрахунки методом еквівалентних перетворень багатолампових однофазних і трифазних ПРП. Таким чином, з методологічної точки зору розглянутий спосіб розрахунку є найбільш доцільним при аналізі схем, диференціальні рівняння яких мають перший порядок, і використанні досить простих форм залежностей апроксимуючої напруги на лампі.

У методі гармонійного аналізу напруга на лампі апроксимується залежністю певної форми, яка задається аналітично і розкладається в ряд Фур'є:

$$u_{\pi} = \sum_{q=1}^{\infty} (A_q \cos q \omega t + B_q \sin q \omega t). \quad (2.3)$$

Потім, використовуючи принцип накладення, визначають струми в гілках схеми, викликані напругою джерела живлення і всіма гармоніками напруги на лампі. Таким чином, струми, напруги та потужності лампи і елементів схеми виражаються через тригонометричні ряди з нескінченним числом членів. Використання при інженерних розрахунках поліномів з обмеженою кількістю членів призводить до помітного зниження їх точності, в той час як при зростанні числа розглянутих членів ряду перешкод збільшується їх складність.

До переваг методу відноситься можливість застосування складної трапецієвидної і чотирикутної апроксимуючої форми напруги на лампі, можливість розрахунку розгалужених схем ПРП, характеристичне рівняння яких має довільний порядок. Зазначене стосується і високочастотних ПРП, що живляться від перетворювачів з вихідною напругою довільної форми, природно, за умови розкладу в ряд Фур'є.

Метод гармонійного аналізу, заснований на принципі накладення, розвинений тільки для лінійних схем ПРП. Застосувати його для нелінійних

схем важко. Вплив нелінійності параметрів дроселів, трансформаторів, резисторів і інших елементів схем ПРП можна приблизно оцінити, вирішуючи систему нелінійних рівнянь, складених за методом гармонійного балансу. Однак вирішення цих рівнянь є досить трудомістким, і точність розрахунків сильно залежить від ступеня нелінійності параметрів елементів. На практиці вдається уточнити лише кілька вищих гармонійних складових, що зазвичай не забезпечує необхідної точності розрахунків.

В операторному методі, використовуючи зображення Лапласа для напруги живлення і замінюючи лампу нелінійним резистором, знаходять корінь характеристичного рівняння контуру і зображення основних його електричних параметрів, за якими шукають оригінали. Метод в основному застосуємо для розрахунку кіл, диференціальне рівняння яких має порядок не більше другого.

Знаходження усталеного режиму здійснюється або методом припускання, або інтеграцією системи рівнянь до закінчення перехідного процесу. Метод застосовується для розрахунків режимів роботи без згасання ламп. До недоліків методу можна віднести неможливість отримання розв'язку в замкнутій формі. Основною областю використання даного методу є розрахунки схем напівпровідникових і комбінованих ПРП, причому таких, де врахування динамічних і інерційних властивостей газового розряду є необхідним.

2.2 Розрахунок схем пуско-регулюючих пристроїв з використанням принципу Штрауха

2.2.2. Стабільність роботи розрядних лампах

Розрахунок ПРП може вважатися закінченим тільки після визначення коефіцієнтів чутливості схеми. При роботі ЛДС з ПРП як лампа, так і апарат зазнають впливів різних збурень: напруга живлення не є постійною, змінюються параметри лампи, параметри схеми дещо відрізняються від

розрахункових тощо.

Обчислення повних відносних коефіцієнтів чутливості є складним, оскільки режими роботи ЛДС описуються нелінійними рівняннями і спільне їх вирішення зазвичай отримати складно. У той же час при наявності математичних виразів, що зв'язують параметри лампи і ПРП, повні коефіцієнти чутливості зручно розраховувати прямим методом з використанням часткових коефіцієнтів чутливості:

$$\lambda_{yx} = \frac{\partial y}{\partial x} \cdot \frac{y}{x}. \quad (2.4)$$

Тут частковий коефіцієнт чутливості λ_{yx} враховує тільки безпосередній вплив збільшення параметра x на приріст параметра y . Всі інші параметри при цьому приймаються постійними. Часткові коефіцієнти чутливості можна легко визначити за рівнянням, що зв'язує параметри лампи і схеми ПРП.

2.2.3. Аналіз аномальних режимів у колах з розрядними лампами

ЛДС з різних причин може працювати в так званих аномальних режимах, параметри яких істотно відрізняються від нормального режиму. Наприклад, в ртутних лампах низького тиску може істотно зростати напруга перезапалювання розряду в той напівперіод горіння, коли катодом є дезактивований електрод. Ртутна лампа високого тиску при руйнуванні захисної колби лампи може не розгорітися.

Проаналізуємо три такі режими.

Пусковий режим стартерної схеми. В цьому режимі лампа замкнута накоротко контактами стартера.

Режим розгоряння лампи високого тиску. В цьому режимі форма напруги на лампі залишається приблизно трапецієвидною.

При аналізі аномальних режимів виникає ряд особливостей. По-перше, розрахунок першого наближення методом еквівалентних синусоїд, як правило, дає велику похибку, а ряд ефектів взагалі не може бути виявлений. Так, аналіз

індуктивно-ємнісного ПРП при роботі лампи в аномальному несиметричному режимі може привести до невірному результату.

По-друге, розрахунок аномальних режимів може проводитися зі значно меншою точністю, так як поставлена задача - оцінити електричні перевантаження, що виникають в цих режимах, допускає похибка 10-15%.

По-третє, в багатолампових ПРП ймовірність роботи в аномальному режимі двох або більше ламп дуже мала і тому аномальний режим може розраховуватися тільки при одній несправній лампі.

З урахуванням сказаного для розрахунку аномальних режимів приймаємо наступний метод:

- в якості першого наближення розраховуємо лінійну схему з постійними параметрами R , L і C . Визначаємо всі електричні режими ланки;
- врахування нелінійності проводимо заміною постійних параметрів R , L і C на еквівалентні, розраховані з урахуванням нелінійних характеристик елементів і насамперед дроселя. Уточнюємо електричні режими ланки і проводимо розрахунок при нових значеннях параметрів нелінійних елементів;
- враховуючи оціночний характер розрахунків, нехтуємо тими параметрами, вплив яких незначний. Так, розрахунки складних кіл ведемо з використанням прямокутної апроксимації напруги на лампі і не беремо до уваги втрати потужності в конденсаторах тощо.

2.3 Розрахунок схем ПРП методом диференціальної апроксимації електричних параметрів ЛДС

2.3.1. Аналіз напівпровідникових ПРП із динамічною стабілізацією режиму роботи.

Напівпровідникові ПРП з динамічною стабілізацією режиму роботи в часто називають динамічними баластами. Відмінною особливістю баластів це наявність зворотного зв'язку, необхідного для стабілізації режиму роботи ламп. Без зворотного зв'язку такі апарати, як правило, нестійкі.

Перш ніж перейти до розгляду схем динамічних баластів, проведемо аналіз найпростішої схеми ПРП, в якій лампа підключається безпосередньо до джерела постійної напруги. Така схема є нестійкою, тому введемо стабілізуючий зворотній зв'язок по струму лампи (рис. 2,1). Коло зворотного зв'язку порівнює падіння напруги $i_L R$ з опорною напругою $U_{оп}$ і формує напругу $u_{упр}$, яка керує напругою джерела живлення $U_{п}$. Аналіз такого ПРП дозволяє виявити основні закономірності, що виникають при стабілізації режиму роботи лампи за допомогою кіл зворотного зв'язку.

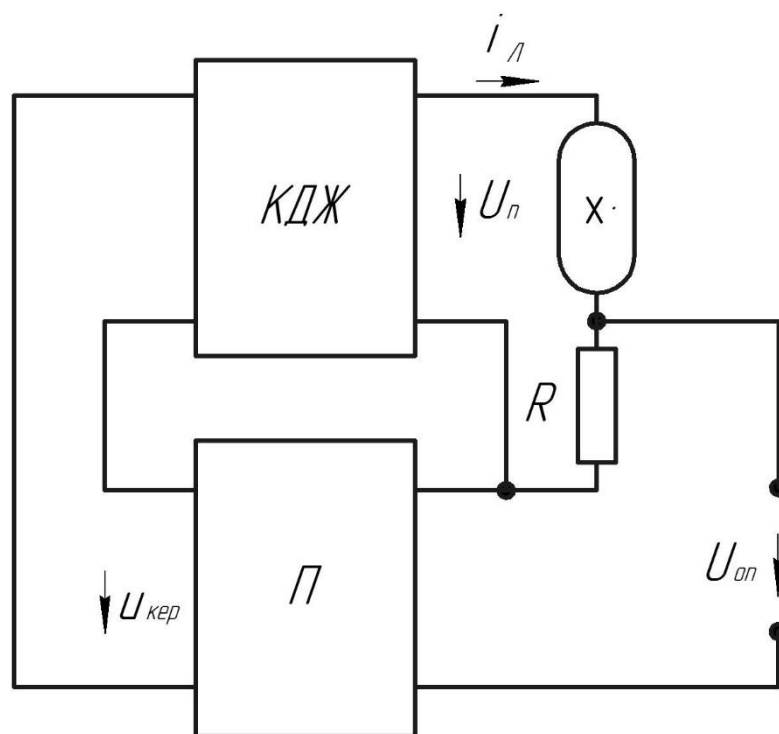


Рис. 2.1.Схема ПРП із керованим джерелом напруги (П – підсилювач, КДЖ – кероване джерело живлення)

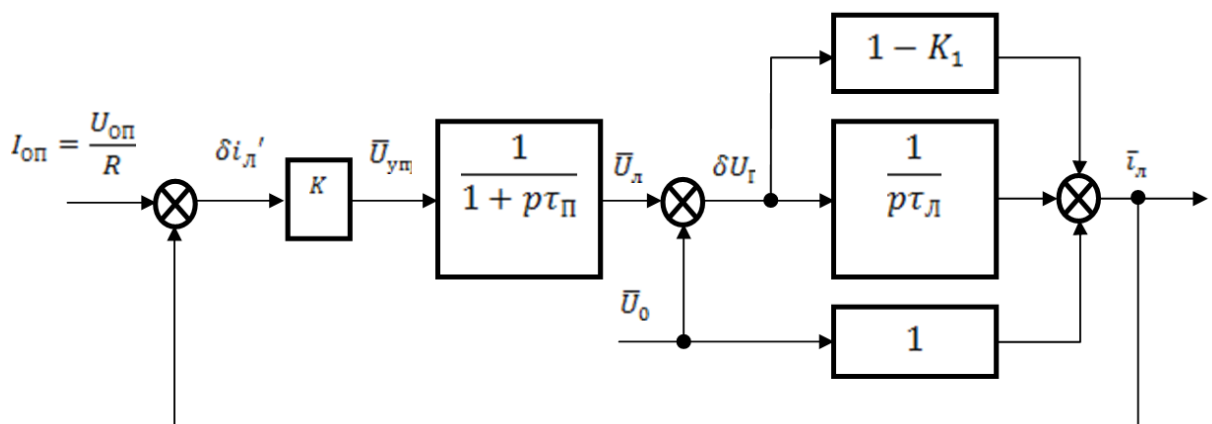


Рис. 2.2. Структурна схема системи автоматичного регулювання

Пуско-регулюючі пристрої з керованим джерелом напруги, схема якого наведена на рис. 2.1, є простою системою автоматичного регулювання. Її структурна схема показана на рис. 2.2. Всі електричні величини ($\bar{i}_л, \delta i_л, \delta i_п$ і т.д.) виражені в безрозмірній формі. Структурна схема містить такі блоки: лінійний підсилювач з коефіцієнтом підсилення K ; кероване джерело живлення з постійною часу $\tau_п$ і лампу, яка представлена паралельним з'єднанням трьох блоків.

Лінійний підсилювач завжди може мати певну частотну смугу пропускання, щоб бути безінерційною ланкою. Кероване джерело живлення має інерцію і може бути розглянуте як найпростіша інерційна ланка. Параметри ланок, які замінюють лампу, отримані із диференціальних рівнянь моделі люмінесцентної лампи. Відповідно:

$$g_л = g_0 \exp \left[\int_0^t M_1(u_п) dt \right] \quad (2.5)$$

У сталому режимі $u_п = U_0$ і $i_л = I_{л0} = U_0 g_0$. При невеликих відхиленнях від сталого значення напруги живлення:

$$\delta U_п = U_п / U_0 - 1 \quad (2.6)$$

струм лампи;

$$\begin{aligned} i_л &= \frac{U_0 g_0 (1 + \delta U_п)}{1 + \delta U_п K_1 \delta U_п} \exp \left(\int_0^t \frac{dM_1}{d\delta U_п} \delta U_п dt \right) \approx \\ &\approx I_{л0} \left[1 + \delta U_п (1 - K_1) + \int_0^t \frac{dM_1}{d\delta U_п} \delta U_п dt \right] \end{aligned} \quad (2.7)$$

Або, переходячи до відносних величин,

$$\bar{l}_L = \frac{i_L}{i_{L0}} = 1 + \delta U_{\Pi}(1 - K_1) + \frac{1}{\tau_L} \int_0^t \delta U_{\Pi} dt \quad (2.8)$$

Тут коефіцієнт $K_1 = 0,35$ враховує зміну рухливості електронів при зміні напруженості електричного поля в плазмі стовпа розряду:

$$\tau_L = \left[\frac{dM_1(u_L/U_0)}{d(u_L/U_0)} \right]^{-1} \text{ при } u_L \approx U_0 \quad (2.9)$$

Для більшості люмінесцентних ламп постійна часу знаходиться в межах $\tau_{\Pi} = 100 \div 200$ мкс.

Три блоки, які замінюють лампу, реалізуються рівнянням (2.9).

Переходячи до перетворень, перетворимо структурну схему до виду, показаного на рис. 2.3, при цьому врахуємо, що відносна величина $\bar{U}_0 = 1$.

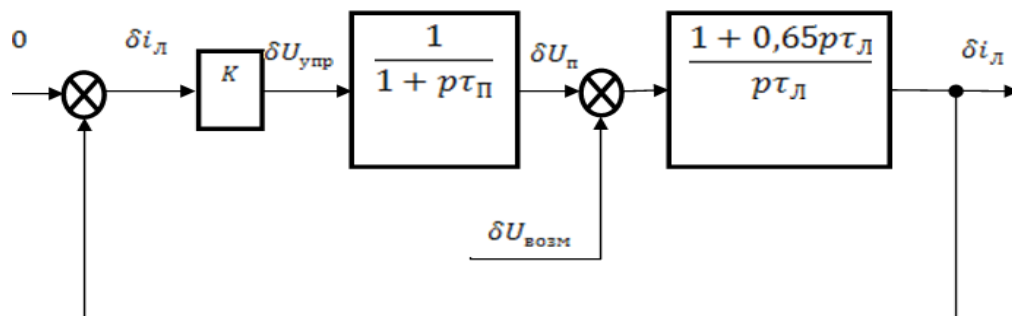


Рис. 2.3. Перетворена структурна схема системи автоматичного регулювання

У ПРП з керованим джерелом напруги живлення основними збуреннями є нестабільності уставленої напруги на лампі U_0 і напруги джерела живлення U_{Π} . На рис. 2.3 ці збурення враховані напругою $\delta u_{\text{возм}}$. Операторний коефіцієнт передачі замкнутої системи, що збурює напругу

$$K_{\text{возм}}(p) = \frac{\delta i_L(p)}{\delta \bar{u}_{\text{возм}}(p)} = \frac{1/p\tau_L}{1 + K \frac{1}{1 + p\tau_{\Pi}} \cdot \frac{1 + 0.65p\tau_L}{p\tau_L}}$$

У ланцюгах з лампою не пред'являється жорстких вимог до системи автоматичного регулювання. Так, при збуренні напруги $|\delta \bar{u}_{\text{возм}}| = 0,1$, що відповідає зміні напруги джерела живлення $U_{\text{п}}$ або напруги U_0 на +10%, можна допустити короточасну зміну струму лампи на $\pm(20 \div 30)\%$. Для цих умов розраховані області допустимих значень коефіцієнта підсилення K залежно від співвідношення $\tau_{\text{п}}/\tau_{\text{л}}$. Постійна часу $\tau_{\text{п}}$ керованого джерела живлення повинна бути менше $\tau_{\text{пmax}} = (5 \div 7,5) \tau_{\text{л}}$, при цьому допустиме значення коефіцієнта підсилення зростає до $K=100$.

Таким чином, лампа може бути підключена безпосередньо до джерела постійної напруги. При цьому необхідна наявність швидкодіючого зворотного зв'язку, що керує напругою джерела живлення, а постійна часу джерела живлення не повинна перевищувати 0,5-1 мс. В даний час відсутні керовані джерела напруги такого типу, які мають прийнятні техніко-економічні показники. Тому ПРП з керованими джерелами напруги практичного поширення не отримали.

Зазначені недоліки відсутні у ПРП, в якому лампа підключена до джерела живлення через швидкодіючий мостовий модулятор. Такий модулятор з лампою являє собою імпульсний елемент, який на структурній схемі може бути відображений комбінацією ідеального імпульсного елемента першого типу (з амплітудною модуляцією), лінійних і інтегруючих блоків.

При стабілізації середнього струму лампи $I_{\text{л.ср}}$ (аналогічно при стабілізації діючого струму $I_{\text{л}}$ або середньої потужності $P_{\text{л}}$) для виділення середніх величин необхідно застосування фільтра нижніх частот, який в найпростішому випадку являє собою інерційну ланку з постійною часу $\tau_{\text{п}} \gg T_{\text{п}}$. На рис. 2.4 приведена структурна схема системи автоматичного регулювання з розглянутим мостовим модулятором, в якій сигнал зворотного зв'язку керує тривалістю періоду $T_{\text{п}}$.

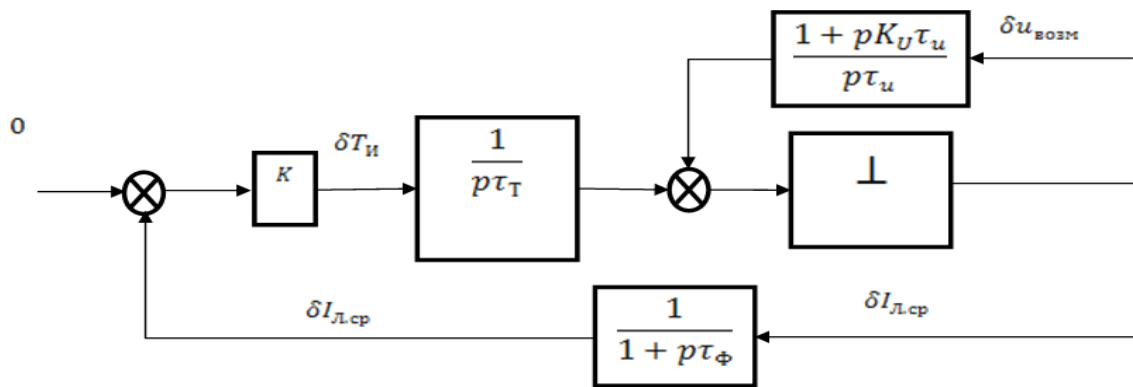


Рис.2.4. Структурна схема автоматичного регулювання ПРП із мостовим модулятором.

Систему автоматичного регулювання з мостовим модулятором необхідно аналізувати із застосуванням теорії імпульсних систем. Однак при невисокій частоті зрізу ω_c неперервної частини системи, аналіз такої системи можна проводити без урахування імпульсного елемента.

$$\omega_c = \sqrt{K / (\tau_\phi \tau_T)} > 1 \quad (2.8)$$

Вже згадана система є стійкою при всіх значеннях параметрів і забезпечує високу точність стабілізації струму лампи.

Аналіз напівпровідникових ПРП з мостовим модулятором показав наступне:

1) найбільш жорстким дестабілізуючим фактором є нестабільність напруги живлення U_{Π} . Решта збурень впливають на режим роботи лампи в меншій мірі;

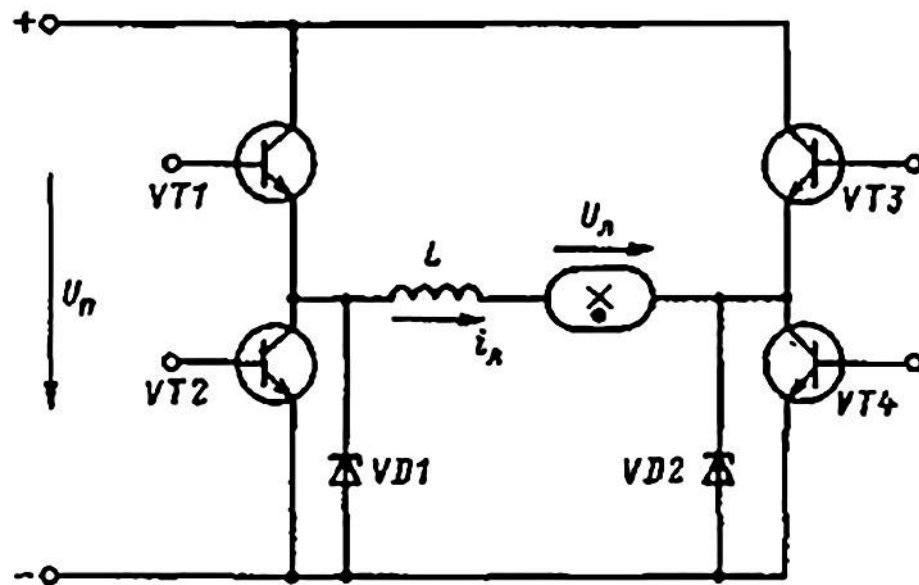


Рис.2.5. Схема ПРП із мостовим модулятором і коригуючим дроселем.

2) найкращий перехідний процес при різкій зміні напруги U_{Π} на 5% забезпечує стабілізуючий зворотній зв'язок по амплітуді струму лампи;

3) зворотний зв'язок по амплітуді струму лампи $I_{\lambda, \max}$ забезпечує найбільшу статичну похибку середньої потужності лампи. Для такого ПРП коефіцієнт чутливості в сталому режимі $\Lambda_{P_{\lambda} U_{\Pi}} = 10 \div 15$. Для зниження статичної похибки доцільне введення додаткового зв'язку $\lambda_{I_{\lambda, \max} U_{\Pi}} = 7 \div 10$. Наявність такого зв'язку дозволяє істотно знизити статичну похибку по потужності лампи P_{λ} при зміні напруги живлення U_{Π} . Динамічні характеристики системи при цьому залишаються практично без зміни;

4) ПРП з мостовим модулятором можуть працювати тільки у вузькому діапазоні напруг $U_{\Pi} = (1,1 \div 1,3)U_0$ і при низькому рівні їх пульсацій, що призводить до ускладнення згладжуючих фільтрів. Для поліпшення роботи мостового модулятора доцільно стабілізувати постійну напругу живлення, при цьому напругу U_{Π} потрібно підтримувати пропорційною напрузі на лампі U_0 так, щоб зберігалось співвідношення $U_{\Pi}/U_0 = \text{const}$.

Менш жорсткі обмеження на вибір напруги живлення вимагає схема ПРП, в якій послідовно з ЛДС включений коригувальний дросель L (рис. 2.5).

Розрахунок перехідних режимів при різкій зміні напруги джерела

живлення показав, що модулятор з лампою і дроселем поводить ся як інерційна ланка. Тому ПРП з таким модулятором є стійким. Однак для підвищення стабільності його роботи доцільно введення стабілізуючого зворотного зв'язку по типу застосованого в напівпровідниковому ПРП з модулятором без дроселя.

2.4 Висновки до розділу 2

Розглянуто методи розрахунку режимів роботи електронних ПРП, зокрема метод еквівалентних синусоїд, еквівалентних перетворень, гармонійного аналізу та операторний метод.

Проаналізовано метод аналізу напівпровідникових ПРП із динамічною стабілізацією режиму роботи.

Встановлено, що таким методам притаманні переваги і недоліки. Тому актуальним є вибір оптимального методу розрахунку режимів роботи ПРП ламп денного світла.

РОЗДІЛ 3

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕС ПРОЕКТУВАННЯ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Джерела електромагнітних завад в пуско-регулюючих пристроях

Важливим при проектуванні електронних ПРП є забезпечення електромагнітної сумісності, що полягає в створенні надійного захисту від виникнення та поширення електромагнітних завад, високочастотних завад тощо [3].

Відповідно до положень стандарту ДСТУ-ІЕС 60050 під електромагнітною сумісністю (ЕМС) розуміють здатність повноцінного функціонування радіоелектронної апаратури, в тому числі електронних ПРП в середовищі підвищених ЕМ завад та не бути джерелом таких завад для інших радіоелектронних засобів. Відповідно, забезпечення ЕМС передбачає забезпечення нечутливості до зовнішніх ЕМ впливів та відділення джерел таких завад всередині ПРП. Однак при функціонуванні перетворювачів напруги, особливо імпульсних, які є складовими частинами електронних ПРП, при роботі комутаційних елементів на підвищених частотах такі елементи стають джерелами ЕМ завад.

Кондуктивними ЕМ завадами називають такі завади, які виникають в провідних середовищах чи частинах провідних складових радіоелектронних виробів (наприклад силові кабелі, корпуси приладів тощо). При цьому, якщо індукований завадами струм протікає в обох напрямках, завада називається симетричною.

Індуковані напруги симетричної та несиметричної завад викликають протікання струмів. При цьому симетричний струм протікає через опір, який є навантажувальним для джерела ЕМ завад, а несиметричний струм буде протікати по заземляючому опорі.

Якщо ЕМ завади випромінюються у відкритий простір, то їх означають як завади випромінювання та індуковані завади.

Оскільки ПРП ключового типу використовують в своїй роботі імпульси напруги та струму із прямими фронтами оперують з крутими фронтами робочих імпульсів напруги і струму, вони є джерелами ЕМ завад, рівень яких може сягати 140 дБ. При цьому частотний спектр таких завад може бути дуже широким, від одиниць кГц до десятків ГГц. Тому, попри зменшення масо-габаритних показників, собівартості, підвищення ресурсу роботи ЛДС, електронні ПРП стають генераторами ЕМ завад.

Тому на етапі проектування електронних ПРП особливо важливим є виявлення та локалізація джерел ЕМ завад, прийняття схемо-технічних та конструктивних заходів щодо зменшення рівнів випромінювання таких завад у навколишній простір та мережі електроживлення тощо. Такі заходи повинні проводитись в першу чергу під час схемо-технічного та конструкторського проектування, коли можливим є використання в подальшому інших схемних рішень чи додаткових засобів екранування тощо.

Джерелами таких ЕМ завад в ПРП є активні силові тключі, зазвичай транзисторного типу, трансформатори, дроселі, окремі елементи вузлів управління силовими ключами тощо.

Для прикладу розглянемо імпульсний блок живлення та виділимо в його структурі елементи, які є джерелами високочастотних завад різного типу. Схема такого блока живлення, який є однотактним, наведена на рис. 3.1.

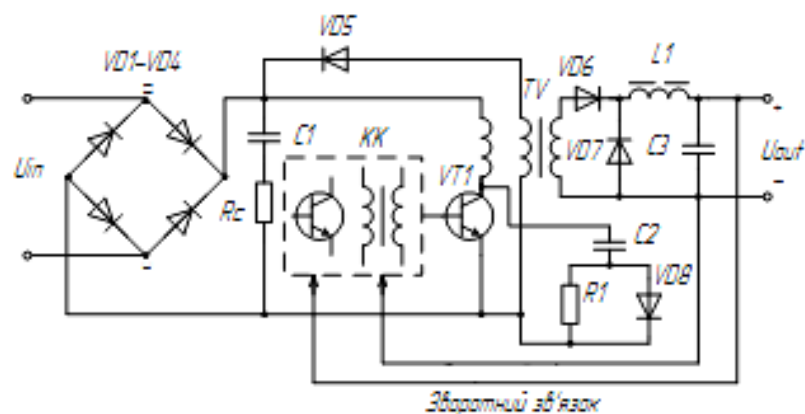


Рис. 3.1. Схема однотактного імпульсного блока живлення

Основна маса високочастотних завад в такому блоці живлення виникає під час проходження процесів комутації силового транзисторного ключа. При змінах величини струмів та напруг на цьому елементі виникають кондуктивні завади та ЕМ завади, що випромінюються у відкритий простір. Реактивні елементи кола, які виконують функції накопичення енергії електричного чи електромагнітного поля, також стають джерелами високочастотних завад.

В цій схемі діоди VD1...VD4 мережевого випрямляча є джерелом напруги симетричних завад; фільтруючий конденсатор C1 внаслідок своїх конструктивних особливостей, зокрема наявності активного опору обкладок та їхньої індуктивності, стає джерелом напруги симетричних завад високочастотного діапазону; діоди обмотки розмагнічування, кіл захисту силового транзистора, вихідних випрямлячів так само стають джерелами кондуктивних завад; імпульсний трансформатор та вихідний накопичувальний дросель є джерелами завад випромінювання у навколишній простір.

Крім того, всі силові проводи, якими протікають імпульсні струми, можна вважати “випромінювальними антенами”.

Модель ПРП як джерела ЕМ завад на основі розглянутого вище однофазного блока живлення зображена на рис. 3.2.

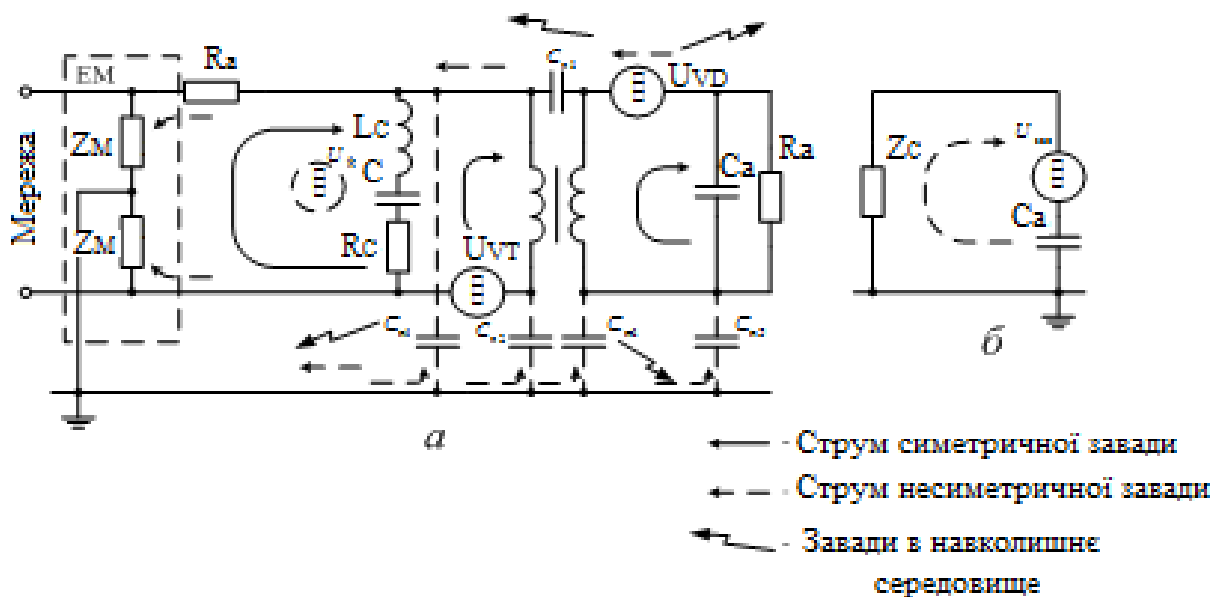


Рис. 3.2. Модель створення та поширення ЕМ завад від ПРП

3.2 Ефективне використання електроенергії в електронних ПРП

Проблема найбільш повного використання електроенергії була актуальною за всі часи, але сьогодні вона стала ще більш гострою, так як майже всі сучасні електронні прилади оснащуються імпульсними джерелами електроживлення, які являють собою не надто вдале навантаження для мережі живлення. Міжнародний стандарт МЭК ІЕС 1000-3-2 [2], введений в дію в 1995 році, ставить виробників електронної техніки, що живиться від мережі змінного струму, в дуже жорсткі умови. Згідно з цим стандартом, коефіцієнт потужності працюючої апаратури повинен наближатися до одиниці для всіх споживачів потужністю більше 300 Вт [2].

Під коефіцієнтом потужності розуміють показник, який характеризує спотворення лінійного та нелінійного характеру, які випромінюються в електромережу, та є рівний відношенню активної та повної потужностей нагрузочного кола $\chi_p = P/S$, [Вт/ВА] .

Для обмеження поширення ЕМ завад в мережу електроживлення та недопущення появи перекосів фаз струму та напруги при роботі радіоелектронного апарату застосовують спеціальні пристрої або вузли - коректори коефіцієнта потужності (ККП)

Джерело живлення, навіть імпульсного типу, яке використовує на вході ККП, може розглядатись як активне навантаження для мережі електроживлення

Класифікацію методів корекції коефіцієнта потужності наведено на рис. 3.3.

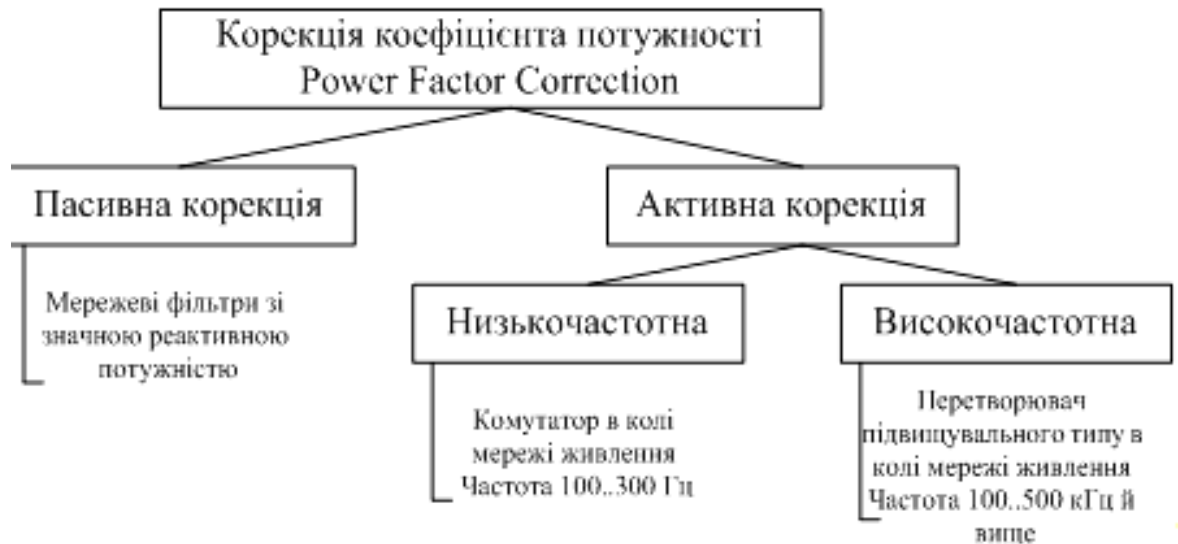


Рис. 3.3. Методи корекції коефіцієнта потужності

Розглянемо найпростіше електричне коло, що складається з активного опору R і індуктивності L , підключене до мережі змінного струму, як показано на рис. 3.4. За допомогою приладів PA , PV і PW , включених в коло, можна вимірювати відповідно струм в колі, напругу і активну потужність, що виділяється в колі [2].

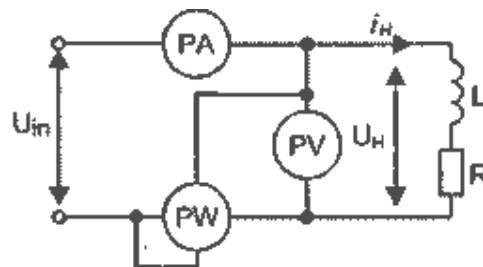


Рис. 3.4. Активно-корективне коло, включене в коло змінного струму

Добуток струму і напруги, виміряних приладами PA і PV але окремо, називається повною потужністю (S), що споживається нашим електричним колом, яка вимірюється в вольт-амперах (ВА):

У той же час, як було сказано вище, по приладу PW ми безпосередньо вимірюємо активну потужність (P) в колі, одиницею вимірювання якої, як відомо, служить ват (Вт). У чому відмінність повної від активної потужності? Давно відомо, що будь реактивний елемент, будь то котушка індуктивності

або конденсатор, «зсувають» фазу струму щодо фази напруги, тобто максимум струму в активно-реактивної ланки не збігається з максимумом напруги, що підводиться до неї. Тому повна потужність, підведена до такого кола, не дорівнює активній потужності, що виділяється на її активних елементах. Відношення ж потужностей PF , що визначається з формули:

$$PF = \frac{P}{S} \quad (3.1)$$

називається коефіцієнтом потужності кола. Очевидно, що коефіцієнт потужності не може бути більше 1. Для чисто активного навантаження, коли максимум напруги збігається з максимумом струму, коефіцієнт потужності дорівнює одиниці, у всіх інших випадках PF менше одиниці. Погані навантаження з низьким PF тим, що реактивну потужність не вдається використовувати для здійснення корисної роботи, але тим не менше вона споживається від джерела, що змушує збільшувати його повну віддавану потужність, вибирати більш потужне обладнання.

Якщо до активно-реактивної ланки прикладена напруга синусоїдальної форми, в ній виникає синусоїдальний струм. У такому разі активну потужність, що виділяється в колі, можна визначити за формулою:

$$P = U_n \cdot i_n \cdot \cos\varphi \quad (3.2)$$

де φ – кут зсуву між фазами напруги і струму в навантаженні.

З урахуванням попередньої формули для синусоїдальних струмів і напруг коефіцієнт потужності визначається так:

$$PF = \cos\varphi \quad (3.3)$$

Отриманий вираз визначає так званий «косинус фі» активно-

реактивного кола, який є частковим випадком коефіцієнта потужності. «Косинус фі» зазвичай приводять для асинхронних електродвигунів, маючи на увазі, що вони будуть працювати тільки з синусоїдальними струмами і напругами. Для більшості ж інших пристроїв силової електроніки визначати «косинус фі» некоректно.

Розглянемо однопівперіодну схему випрямлення (рис. 3.5). У сталому режимі (рис. 3.6), коли вхідна напруга U_{in} падає нижче величини U_{out} , до якої заряджається конденсатор C_{out} , навантаження може житися тільки зарядом, накопиченим в ємності C_{out} а струм I_{VD} в цей час відсутній.

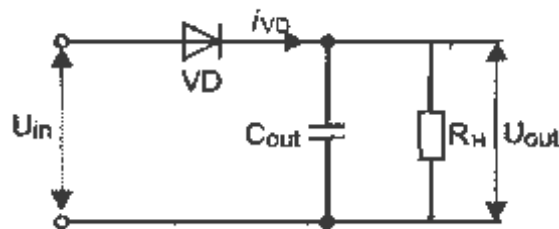


Рис. 3.5. Однопівперіодна схема випрямлення

Якщо вхідна напруга перевищує величину, до якої заряджений конденсатор C_{out} відбувається його заряд, і в цей час тече зарядний струм I_{VD} , споживаний від мережі.

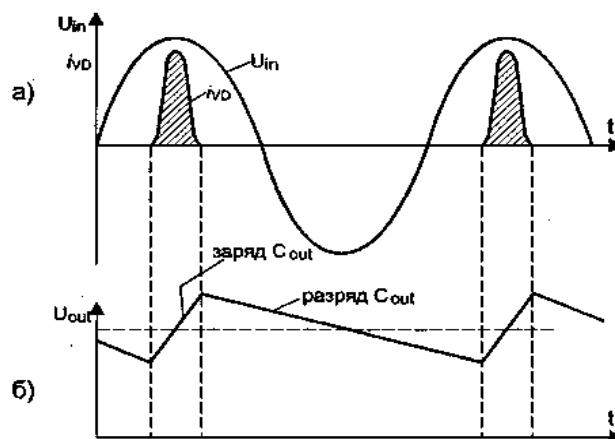


Рис. 3.6. Форми струмів та напруг в однопівперіодній схемі: а) форма вхідної напруги і струму; б) форма напруги на виході

З рис. 3.6, а добре видно, що форма струму, споживаного з мережі,

носить характер коротких імпульсів. Природно, випрямляч починає споживати з мережі не тільки першу гармоніку струму, але і кратні їй гармоніки (рис. 3.7), що призводить до виникнення додаткових перешкод, які «забруднюють» мережу. Більш того, коефіцієнт потужності діодного випрямляча зазвичай не перевищує значення 0,5 ... 0,7, і навіть якщо вжити спеціальних заходів у вигляді включення LC-фільтра, все одно можна в кращому випадку домогтися значення близько 0,85. Тому необхідне введення спеціального пристрою, що називається коректором коефіцієнта потужності, який дозволить наблизити форму споживаного струму до тієї, яка спостерігається при включенні в мережу чисто активного навантаження.

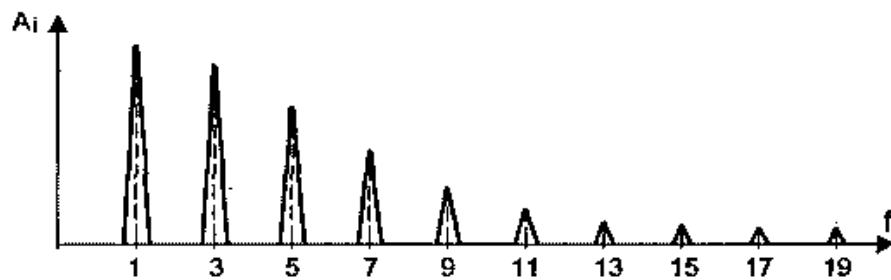


Рис. 3.7. Гармонічний склад струму, що споживається однопівперіодним випрямлячем

Стандарт ІЕС 1000-3-2 регламентує рівень гармонійних складових, які видаються в однофазну мережу живлення з напругою 220 ... 240 В або трифазну мережу живлення з напругою 380 ... 415 В, частотою 50 і 60 Гц, струмом до 16 А. Згідно з цим стандартом, усі прилади, які можуть підключатися до мережі змінного струму, розділені на чотири групи: А, В, С, D. До групи А відносять: обладнання, що живиться від трифазної мережі та домашні електроприлади. Група В включає електроінструмент та побутове зварювальне обладнання. Групу С становить освітлювальне обладнання. Нарешті, група D включає обладнання потужністю до 600 Вт з характеристикою споживання струму, притаманною безтрансформаторним імпульсним перетворювачам. До таких споживачам відносяться комп'ютери,

монітори, телевізори.

Випуск імпульсних пристроїв сьогодні освоює все більша кількість зарубіжних фірм, вони стрімко завойовують ринок електронної продукції. З'являються активні коректори і на вітчизняному ринку.

Дослідження, проведені інженерами, показали, що, в принципі, для побудови коректора коефіцієнта потужності можуть бути використані схеми DC/DC – перетворювачі. Однак найбільше поширення отримала схема активного коректора на основі перетворювача типу buck, так як тільки він забезпечує безперервність струму в колі живлення перетворювача (вхідного кола).

Розглянемо структурну схему найпростішого типового коректора коефіцієнта потужності, наведену на рис. 3.8 [2].

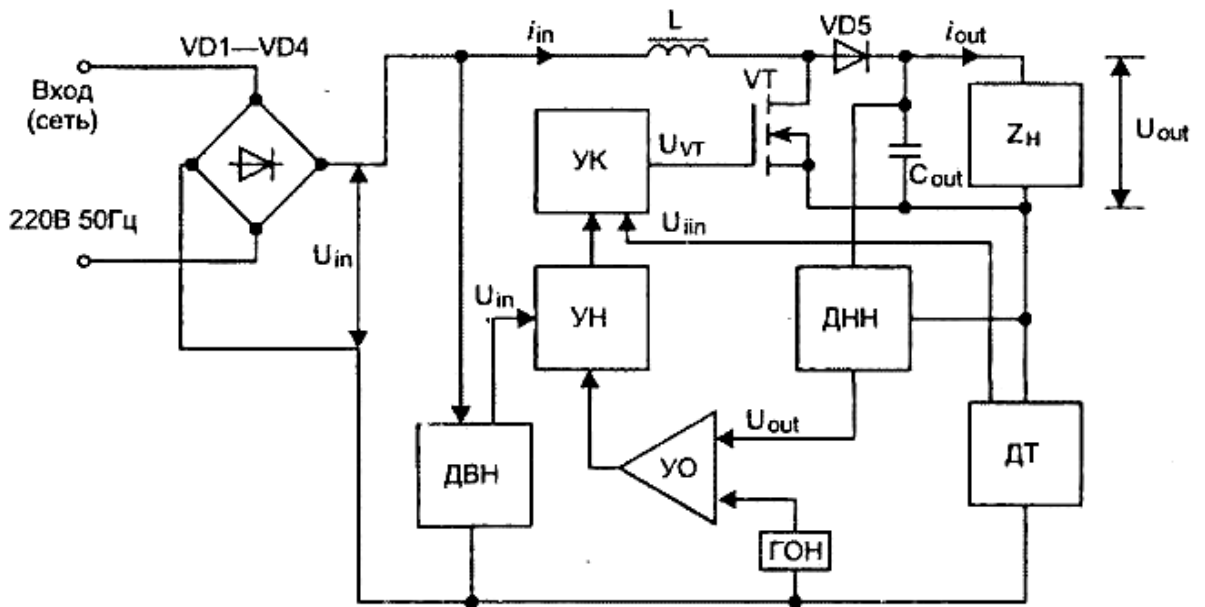


Рис. 3.8. Типова структурна схема активного коректора коефіцієнта потужності

У цій схемі, крім виконання функції корекції PF, додатково здійснюється стабілізація вихідної напруги. Вхідна напруга змінного струму 220 В 50 Гц подається на звичайний діодний міст VD1-VD4, але далі, після випрямлення, в класичному випадку повинен бути фільтруючий конденсатор, а тут він замінюється бустерною схемою, що складається з дроселя L,

блокуючого діода VD5, ключового транзистора VT, вихідного конденсатора C_{out} і схеми управління коректором. Однак схема управління коректором в даному випадку працює дещо інакше, ніж звичайна бустерна схема стабілізатора. Вхідна напруга коректора U_{in} , випрямлена діодним мостом, являє собою однополярні половинки синусоїди. Ця напруга контролюється датчиком вхідної напруги (ДВН). Коли транзистор VT переводиться схемою управління в провідний стан, струм в індуктивності L починає лінійно наростати.

Це була робота активного коректора в режимі переривчастого струму дроселя. Даний коректор може працювати також у режимі безперервного струму дроселя, тоді вид сигналів буде таким, як показано на рис. 3.9. У паузах між відключеннями транзистора VT струм в індуктивності L не встигає впасти до нульового значення, а значить, його середнє значення виявиться ближче до синусоїдального, ніж в режимі розривних струмів.

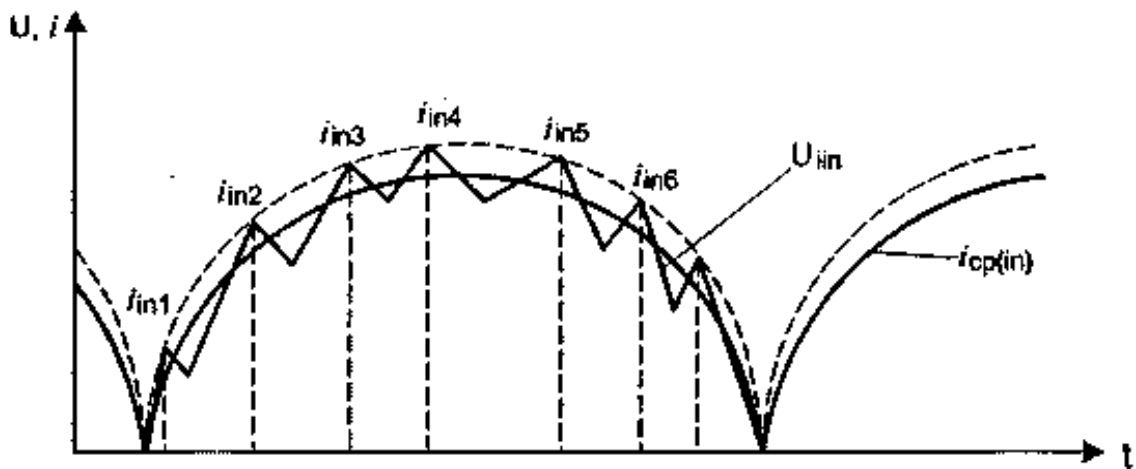


Рис. 3.9. Робота активного коректора коефіцієнта потужності в режимі неперервності струму дроселя

Описаний нескладний метод корекції коефіцієнта потужності має і деякі недоліки. Якщо вхідна напруга U_{in} буде мінятися, що на практиці і відбувається в силу нестабільності мережевої напруги, зміниться середній струм через навантаження (в силу зміни миттєвих значень імпульсів струму i_{in1} , i_{in2} , i_{in3}), А значить, зміниться вихідна напруга U_{out} . Зміна опору

навантаження Z_n також буде міняти вихідну напругу, так як спад індуктивного струму в елементі L відбуватиметься повільніше або швидше.

Зображений на схемі рис. 1.7 датчик напруги навантаження (ДНН) разом з підсилювачем помилки (УО) є системою, що відстежує вихідну напругу коректора. З виходу датчика знімається напруга, пропорційна напрузі навантаження U_{out} . Помножувач напруг (УН) перемножує сигнали U_{in} і U_{out} з необхідним коефіцієнтом пропорційності. Отриманий вихідний сигнал з УН упрвляє транзистором VT. Таким чином, в даній схемі можливо «зрушувати» поріг перемикання транзистора VT, підтримуючи постійну напругу на навантаженні.

3.3 Шум пуско-регулюючих пристроїв

Шум світильників з ЛДС можна умовно розділити на низькочастотний і високочастотний. В першому випадку шум з частотою до 800 Гц, генерується самим корпусом світильника за рахунок вібрацій магнітних елементів дроселів чи трансформаторів. Способи усунення такого шуму полягають в застосуванні спеціальних пружних демпферів для подавлення вібрацій.

Високочастотний шум є власним шумом ПРП. При цьому, корпус світильника впливає на втакий шум ПРП незначно.

Крім поділу шуму світильників на частотні області іноді виділяють шум деренчання. Останній характерний для неякісно виготовлених світильників і ПРП. Він має складові у всьому звуковому діапазоні і усувається підвищенням жорсткості конструкцій світильника і ПРП.

Найбільш важко усунути високочастотний шум. Цей шум викликається струмом лампи, що проходить по обмотці ПРП; він виникає в результаті поперечних коливань окремих пластин магнітопроводу у немагнітного зазору і вимушених коливань всього магнітопроводу і котушки.

У Великобританії, США і низці інших країн ПРП класифікують за рівнем звукового тиску, створюваного на відстані 2,5 см від їх поверхні. В

СНД нормують октавні рівні звукової потужності ПРП. Однак звукова потужність і звуковий тиск залежать не тільки від якості ПРП, але і від електричних процесів в ланцюзі люмінесцентна лампа - ПРП. При повторних вимірах вони завжди різні. Крім того, вимірювання звукової потужності ПРП з особливо низьким рівнем шуму і спеціалізованого використання, метрологічно не є обумовлені.

Статистичний аналіз шумових характеристик показав, що шум ПРП в основному складається з дискретних складових, кратних частоті мережі. Максимальні по інтенсивності складові знаходяться в частотному діапазоні 1-8 кГц. У вітчизняних ПРП октавні рівні звукової потужності, як правило, не перевищують 30 дБ. Шум ПРП, як уже зазначалося, не стабільний. Через 20-30 хв з моменту включення лампи він відносно стабілізується. Надалі рівень шуму включеного ПРП знову змінюється. Середньоквадратичне зміна октавних рівнів звукової потужності в часі, встановлений за результатами вимірювань 70 зразків протягом двох місяців, склало 4дБ.

При включенні ПРП з лампами з однаковими електричними параметрами спектр його шуму різний. Розмах варіювання октавних рівнів звукової потужності може досягати 20-25 дБ. Розподіл ймовірностей рівня шуму залежить від параметрів ПРП, воно може бути описане нормальним законом розподілу.

Середні рівні шуму ПРП різного конструктивно-технологічного виконання істотно різні і коливаються від 1 до 15 дБ.

Лампи різних виробників, різних партій і т. д. розрізняються по створюваному рівню шуму ПРП. Однак класифікувати їх на «гучні» і «негучні» неможливо, оскільки, як показує дисперсійний аналіз, між ними і ПРП є лише статистична взаємодія. Лампа, що викликає максимальний рівень шуму однієї конструкції ПРП, може створювати рівень шуму, близький до мінімального, у ПРП іншої конструкції.

Фізичні процеси виникнення шуму ПРП при роботі в ланцюзі з лампою пов'язані з рядом перетворень. Їх можна описати системою, рівнянь

перетворення енергії:

$$\left. \begin{aligned} u &= C_{11}i + C_{12}v + C_{13}\Phi + C_{14}s; \\ F &= C_{21}i + C_{22}v + C_{23}\Phi + C_{24}s \\ M &= C_{31}i + C_{32}v + C_{33}\Phi + C_{34}s \\ T &= C_{41}i + C_{42}v + C_{43}\Phi + C_{44}s \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

де i, u - струм і напруга; v - швидкість переміщення корпусу; Φ - швидкість зміни магнітного потоку; s - ентропія; F - сила; M - магніто-рушійна сила; T - температура; C_{ik} - коефіцієнти перетворення енергії з одного виду в інший.

Розглядаючи температуру T як параметр, від якого залежать коефіцієнти перетворення, і не зважаючи на зовнішні магнітні потоки, можна уявити ПРП як складного електроакустичного перетворювача. У ньому електрична енергія перетворюється в магнітну, далі в механічну і, нарешті, в звукову. Звукова енергія випромінюється поверхнею ПРП.

При подачі на апарат двох синусоїдальних напруг $U_0=50\div 200\text{В}$ частотою $f_0=50$ Гц і $U_1=2\div 20\text{В}$ частотою $f_1=1\div 10$ кГц звукова (акустична) потужність ПРП P_a може бути розрахована за рівнянням

$$P_a = \sum_k \gamma(f_k) U_k^4(f_k) \quad (3.5)$$

де $\gamma(f_k)$ - коефіцієнт, що визначає електроакустичні властивості ПРП на частоті f_k ; $U_k(f_k)$ - гармонійна складова напруги на частоті f_k .

Підсумовування в (3.5) ведеться по всіх частотах f_k :

$$f_k = f_0; f_k = 2f_0; f_k = f_1; f_k = 2f_1; f_k = f_1 - f_0; f_k = f_1 + f_0 \quad (3.6)$$

Звукова потужність по (3.5) складає соті частки відсотка потужності втрат в ПРП $P_{др}$. При цьому низькочастотні складові потужності на частотах f_0 і $2f_0$ практично не випромінюються ПРП. Складові потужності на частотах f_1 і $2f_1$ малі, тому в (3.5) необхідно враховувати тільки складові на частотах

$f_1 - f_0$ і $f_1 + f_0$. Вимірювання звукової потужності необхідно проводити з фільтром, який пропускає ці частоти. Для цієї мети придатні фільтри з пропускною здатністю не менше 100-150 Гц.

З урахуванням викладеного (3.5) можна записати з використанням акустичного коефіцієнта ПРП

$$P_a = H_a(f_1)U_0^2U_1^2 \quad (3.7)$$

Акустичний коефіцієнт $H_a(f_1)$ не є функцією U_0 і U_1 , а залежить лише від конструкції і технології виготовлення ПРП. Залежність акустичного коефіцієнта від частоти є повною акустичною характеристикою ПРП, що дозволяє розрахувати його звукову потужність по електричним процесам в ланцюзі лампа - ПРП.

Шум ПРП при роботі з лампою, як впливає з (3.7), обумовлений не тільки акустичним коефіцієнтом, але залежить і від напруги U_0 і U_1 які визначаються електричними процесами в ланцюзі лампа - ПРП. Складний характер напруги на ПРП ускладнює аналіз його шуму.

Розрахунки показують, що шум ПРП в області частот понад 1 кГц обумовлений переважно коливаннями напруги на лампі під час її горіння. Зі зміною частоти коливань змінюються і складові шуму ПРП. Частота цих коливань знаходиться в діапазоні 0,8-8 кГц, амплітуда 6-10 В. У ламп з меншим діаметром розрядної трубки частота коливань зазвичай вища. Ці коливання не постійні, і їх частота змінюється з часом. У процесі горіння лампи зміна положення анодної плями і інші процеси призводять до зміни частоти коливань. Мінливість коливань викликає зміна шуму ПРП. Експериментально частоту коливань в один з напівперіодів горіння лампи можна змінити, наближаючи до приелектродної області постійний магніт. При цьому легко домогтися зміни рівня шуму ПРП до 10 дБ. Таким чином, рівень шуму ПРП обумовлюється двома параметрами, а саме: його акустичним коефіцієнтом і формою напруги на люмінесцентної лампи. Метод

вимірювання акустичного коефіцієнта, описаний вище, можна рекомендувати при проведенні розробки ПРП масового випуску. Для контролю якості що випускаються ПРП використовується більш простий метод вимірювань.

При живленні ПРП напругою від генератора “білого шуму” і напругою від мережі спектр його шуму практично збігається з акустичним, коефіцієнтом. Оскільки останній характеризує якість ПРП, то вимір спектра шуму може бути основою визначення акустичних характеристик. Низькі значення коефіцієнтів кореляції пояснюються значним розкидом рівнів шуму в залежності від лампи. При усередненні рівня шуму ПРП за кількома лампами значення коефіцієнта кореляції зростає.

Напруги шумового сигналу $U_{ш,з}$; викликають такі ж октавні рівні шуму ПРП, що і “середня” лампа.

Щоб можна було вимірювати шум ПРП з особливо низьким рівнем шуму, напруга шумового сигналу повинно бути більше $U_{ш} = 10$ В. Тоді з результатів вимірювання октавних рівнів звукової потужності необхідно відняти поправки. Похибка методу обмежена лише похибкою вимірювальних приладів.

При інших значеннях $U_{ш}$ поправки можуть бути розраховані для кожної октавної смуги за формулою

$$\Delta_{ш} = 10 \lg (U_{ш} / U_{ш,з}) \quad (3.8)$$

Збільшення напруги $U_{ш}$ дозволяє підвищити рівень шуму ПРП при вимірах, що дає можливість знизити вимоги до фонового шуму в приміщенні, спростити вимірювальну камеру і проводити вимірювання шуму ПРП з особливо низьким рівнем шуму і людей з особливими потребами.

3.4 Висновки до розділу 3

Проаналізовано електронний ПРП як джерело електромагнітних завад та

обґрунтовано актуальність задачі забезпечення електромагнітної сумісності електронних ПРП. Промедено оцінювання типів та джерел завад. Які можуть виникати в окремих вузлах та на окремих елементах електронних ПРП шляхом порівняння його із структурою одноканальних імпульсних блоків живлення.

Встановлено, що основна маса високочастотних завад в електронному ПРП виникає під час проходження процесів комутації силового транзисторного ключа. При змінах величини струмів та напруг на цьому елементі виникають кондуктивні завади та ЕМ завади, що випромінюються у відкритий простір. Реактивні елементи кола, які виконують функції накопичення енергії електричного чи електромагнітного поля, також стають джерелами високочастотних завад.

Виокремлено шляхи підвищення ефективності електронних ПРП, зокрема із застосуванням коректорів коефіцієнта потужності та автоматизації процесу проектування самого ПРП.

РОЗДІЛ 4

АВТОМАТИЗОВАНІ ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПУСКО-РЕГУЛЮЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

4.1 Аналіз засобів проектування електронних пуско-регулюючих пристроїв

Розробка високочастотних електронних ПРП для ЛДС - складна інженерна задача з багатьма невідомими, що вимагає значних затрат часу. Щоб спростити її рішення, компанія International Rectifier розробила програму Ballast Designer - систему автоматизованого проектування ЕПРП на спеціалізованих мікросхемах власної розробки,

Програма Ballast Designer дозволяє частково автоматизувати процес проектування ЕПРП для освітлювальних люмінесцентних ламп, зокрема по вибору елементів, розрахунку номіналів компонентів схеми і моткових виробів. Отриманий всього за кілька хвилин комплект документів достатній для виготовлення розрахованого виробу. При успішному запуску на екран буде виведено вікно, показане на рис. 4.1.

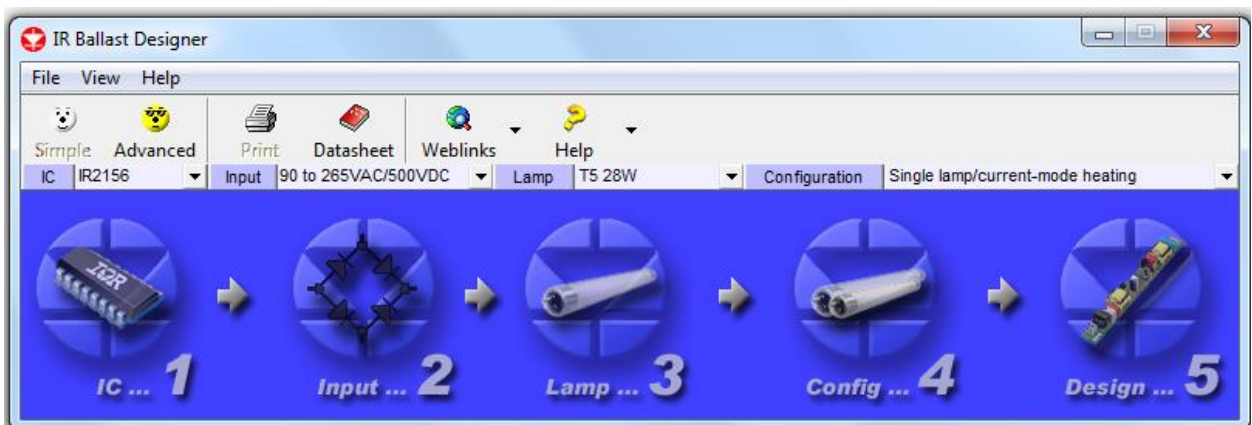


Рис. 4.1. Вікно програми Ballast Designer

Пропонуються дві процедури проектування - стандартна і розширена. За замовчуванням буде використана стандартна, що надає користувачеві можливість "набрати" відповідний варіант з трьох схем вхідного вузла, п'яти типів мікросхем контролера і декількох десятків типів ламп, з'єднаних з ЕПРП за сімома різними схемами. У процесі автоматичного проектування буде синтезована схема ЕПРП, що забезпечує оптимальні значення амплітуди і частоти напруги, які прикладається до лампи в режимах підігріву, підпалу та горіння, максимальний термін служби лампи, якість освітлення і ККД пристрою.

Розширена процедура проектування дає користувачеві можливість активно впливати на прийняті програмою рішення, змінюючи на свій розсуд більше 20 параметрів, включаючи частоту, напругу і струм лампи в різних режимах і номінали основних компонентів. Передбачена можливість конструктивного розрахунку дроселів по заданим електричним параметрам.

Щоб виконати стандартну процедуру, досить послідовно натиснути п'ять екранних кнопок, розташованих під написами "Step 1" - "Step 5" ("Крок 1 -" Крок 5 "), вибираючи на кожному кроці один з пропонованих варіантів.

Крок 1 - вибір схеми випрямляча напруги. На екрані відкривається вікно "Select Line Input". Переміщаючи мишку в нижній частині вікна, вибирають один з варіантів випрямного вузла (рис. 4.2, а-в). Його схема з'явиться у вікні, поруч з нею - список з декількох варіантів допустимих меж зміни напруги. У списку необхідно виділити рядок з найкращим варіантом.

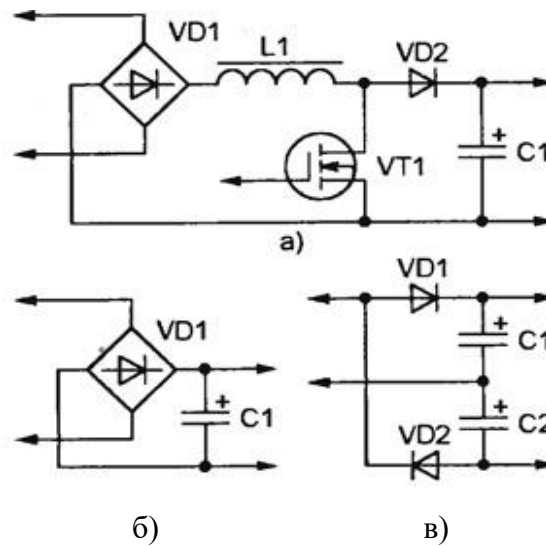


Рис. 4.2. Варіанти випрямного вузла

Для завершення кроку залишиться натиснути кнопку "Select". Обрані межі будуть відображені в віконці "Input" над написом "Step 1". Їх можна змінити на будь-якій стадії проектування, натиснувши кнопку зі стрілкою поруч із згаданим віконцем і вибравши з списку новий варіант. Аналогічні можливості програма надає і для зміни параметрів, що задаються на інших кроках стандартної процедури проектування.

Імпульсні джерела електроживлення, до яких можна віднести і ЕПРП, - не надто вдале навантаження для електромережі. Спрва в тому, що вони споживають не синусоїдальний, а імпульсний струм з піковим значенням, що багаторазово перевершує ефективне. Високочастотні складові спектра імпульсів струму створюють потужні перешкоди для приймання радіо- або телевізійного сигналу і можуть привести до збоїв комп'ютерів, підключених до тієї ж мережі.

Нещодавно прийняті рекомендації Міжнародного електротехнічного Комітету МЕК 1000-3-2 встановлюють дуже маленькі граничні рівні гармонік (аж до 39-ї) в спектрі споживаного від мережі струму при коефіцієнті потужності, близькому до 1. Вимоги стандартів, що діють в країнах СНД, в цьому відношенні поки значно м'якші, але їх посилення можна очікувати в найближчому майбутньому.

Програма Ballast Designer зазвичай будує вузол управління коректором на базі мікросхеми L6561 - спеціалізованого контролера PFC. Контролери ЕППП IR2166, IR2167 забезпечені вбудованими вузлами управління коректором, за твердженням фірми, переважаючими за параметрами спеціалізовані мікросхеми.

Крок 2 - вибір типу і потужності лампи. На екрані відкривається вікно "Select Lamp". У ньому, пересуваючи повзунок, вибирають лампу однієї з показаних на рис. 4.3 груп.



Рис. 4.3. Вікно вибору лампи "Select Lamp"

У кожної з них є лампи різної потужності. Прийняті в програмі назви груп умовні.

До груп T5, T8, T12 відносять звичайні лінійні люмінесцентні лампи

(лампи денного світла) з діаметром колби відповідно 16, 26 і 38 мм, в тому числі з підвищеною ефективністю і з поліпшеним спектральним складом світла.

Передбачена можливість розширення переліку ламп користувачем. Для цього досить у вікні "Select Lamp" вибрати групу "User Lamp" і натиснути кнопку "Edit List". Буде відкрито вікно редагування переліку ламп і їх параметрів.

Крок 3 - вибір мікросхеми контролера ЕППП. На екрані відкривається вікно "Select Target 1С". Переміщаючи движок, вибирають одну із запропонованих мікросхем. Якщо в комп'ютері встановлена програма Adobe Acrobat Reader, натиснувши на кнопку "Datasheet" у верхній частині головного вікна (див. Рис. 4.1), можна подивитися опис і довідкові дані обраної мікросхеми англійською мовою. У розглянутій версії програми пропонувалися такі мікросхеми:

IR21571 - для найпростіших ЕППП, порівняно просто адаптуються до люмінесцентним лампам різних типів.

IR2157 - забезпечує оптимальні режими запуску попереднього підігріву катодів, запалювання і роботи лампи і автоматичну зміну режимів. Забезпечена вузлами контролю стану і захисту ниток напруження лампи, захисту від зниженої напруги живлення, від виходу з ладу при зміні лампи, від теплового перевантаження, від електростатичних розрядів і деякими іншими засобами, що забезпечують надійну роботу ЕППП і її автоматичний перезапуск після виходу з аварійної ситуації.

IR2156 - "молодша сестра" IR2157, відрізняється від неї відсутністю деяких захисних функцій.

IR21592 - збігається за функціональними можливостями з IR2157, додатково дозволяючи регулювати яскравість світіння лампи зміною від 0,5 до 5 В керуючого напруги, що подається на спеціальний вхід. Межі зміни яскравості (в інтервалі 1 ... 100%) задають резисторами, що підключаються до висновків мікросхеми. Реалізовано метод упрвління потужністю, що

підводиться до лампи, що не вимагає розділового трансформатора.

IR2166, IR2167 - забезпечені, як уже зазначалося, вбудованими контролерами коректора коефіцієнта потужності з динамічною адаптацією до режиму роботи ЕПРП. Забезпечується сумарний коефіцієнт гармонік менше 10% і коефіцієнт потужності більш 0,99 при харчуванні від мережі з номінальною напругою 120 і 220 В, що перебиває вимоги стандартів більшості європейських країн і перевершує показники багатьох спеціалізованих мікросхем управління коректором.

Крок 4 - вибір числа ламп і схеми їх з'єднання з ЕПРП. На екран виводиться вікно "Select Lamp Configuration", в якому необхідно, переміщаючи движок, вибрати відповідну схему з однією або двома лампами. Всі можливі варіанти показані на рис. 4, а-ж.

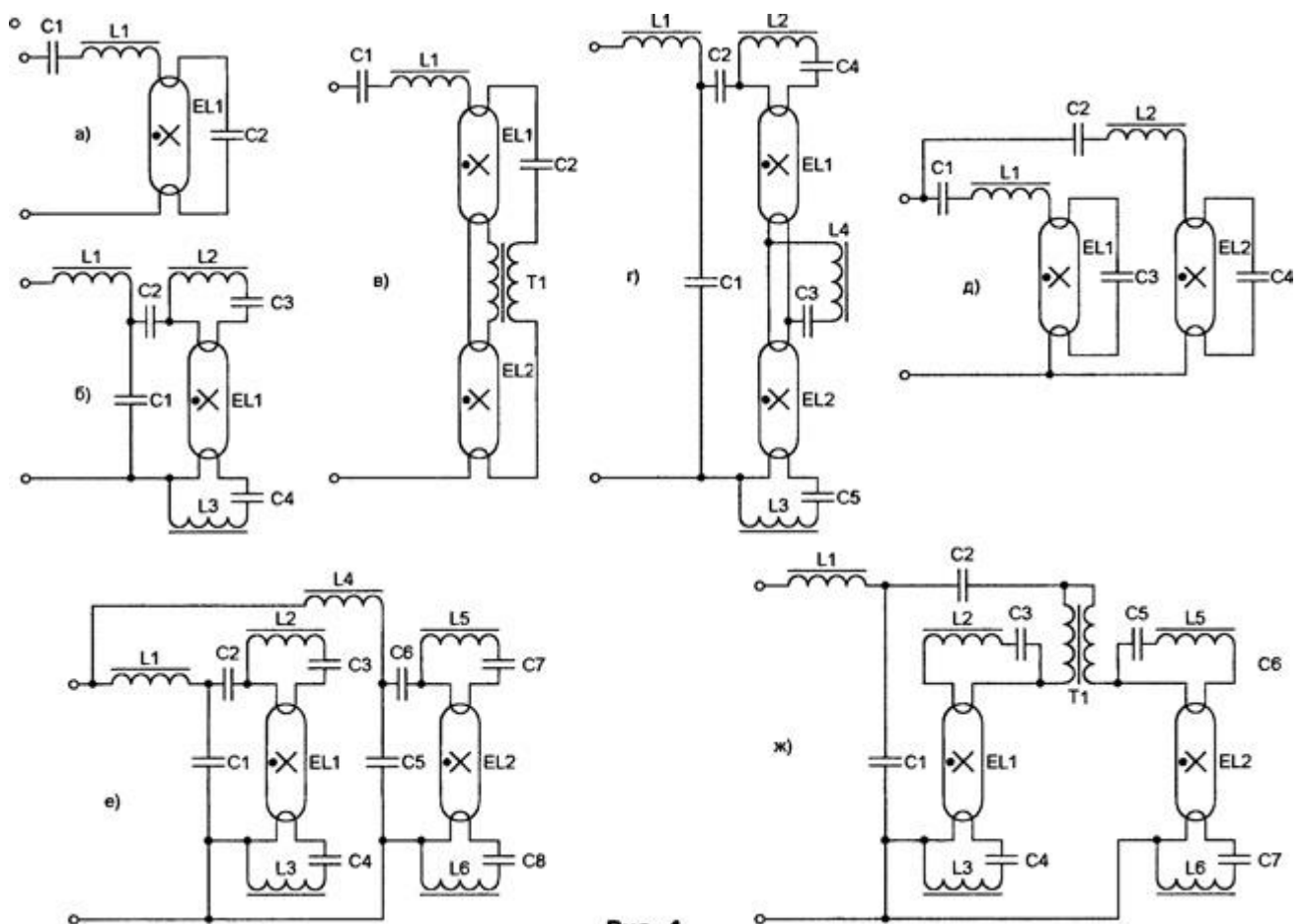


Рис. 4

Рис.4.4. Вікно вибору схем "Select Lamp Configuration"

Крок 5 - автоматичне проектування ЕПРП. Після натискання на кнопку "Design Ballast" на екрані з'являється вікно з логотипом фірми International Rectifier, в якому зазначається хід процесу проектування, що займає всього кілька секунд. По завершенні відкриваються вікна, в одному з яких знаходиться принципова схема спроектованого пристрою.

Приклад синтезованої схеми наведено на рис. 4.5. Типи і номінали елементів на оригінальній схемі відсутні, замість цього в окремому вікні наведено їх перелік (англ. Bill of Materials, BOM).

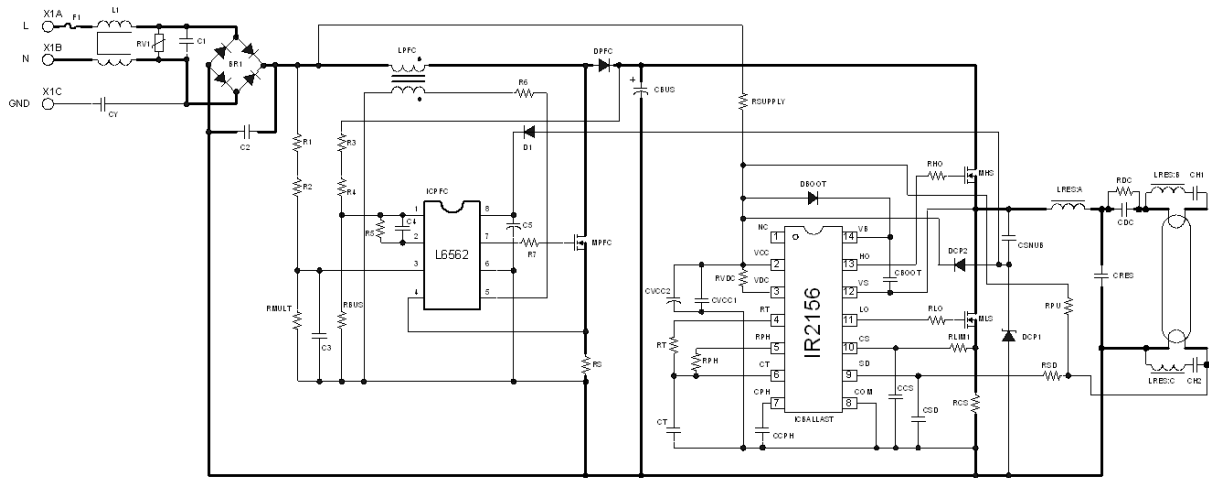


Рис. 4.5. Приклад синтезованої схеми

Ще одне або кілька (за кількістю елементів) вікон містять дані про наявні в спроектованому ЕПРП індуктивних елементах. Приклад такого вікна - на рис. 4.6. Крім номінальної індуктивності, максимальних струму і температури, тут вказані всі необхідні для виготовлення дроселя або трансформатора дані: рекомендований типорозмір (core size) і марка матеріалу (core material), довжина немагнітного зазору (gap length), число витків (turns) і діаметр проводу (wire diameter) обмотки. Наводиться навіть ескіз конструкції і розташування виводів.

International Rectifier **INDUCTOR SPECIFICATION**
TYPE : LRES (CURRENT MODE)

CORE SIZE GAP LENGTH mm

BOBBIN PINS

CORE MATERIAL


NOMINAL INDUCTANCE mH

MAXIMUM CURRENT Apk

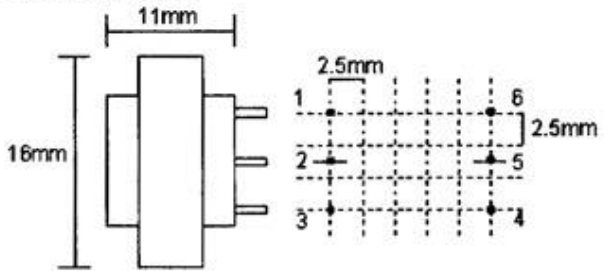
MAXIMUM CORE TEMPERATURE °C

WINDING	START PIN	FINISH PIN	TURNS	WIRE DIAMETER (mm)
MAIN			355	0.2

ELECTRICAL LAYOUT



PHYSICAL LAYOUT



TEST (TEST FREQUENCY = 50kHz)

MAIN WINDING INDUCTANCE mH mH

MAIN WINDING RESISTANCE Ohms

NOTE : Inductor must not saturate at maximum current and maximum core temperature at given test frequency.

Рис. 4.6. Приклад вікна даних про наявні в спроектованому ЕПРП індуктивні елементи

Для переходу до розширеної процедури проектування в головному вікні програми (див. рис. 4.1) потрібно натиснути кнопку "Advanced". В результаті головне вікно буде перетворено в показане на рис. 4.7.

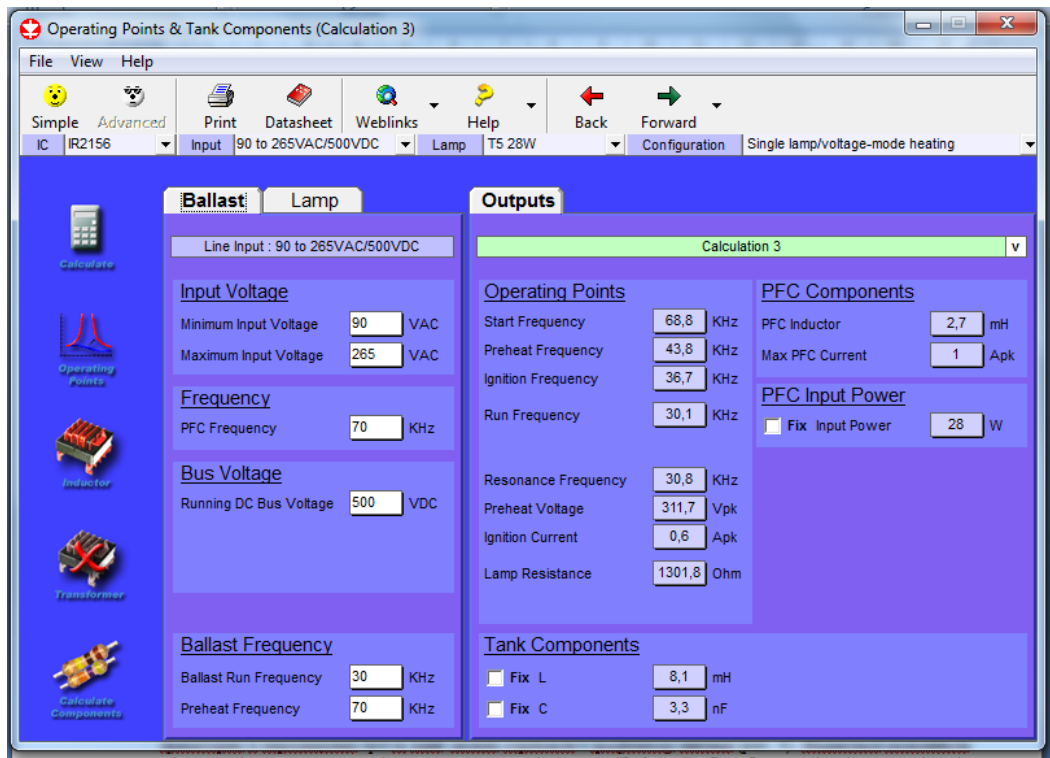


Рис. 4.7. Перетворене головне вікно

Воно забезпечує доступ до значень всіляких параметрів, які можна змінювати в процесі проектування. Положення робочої точки лампи (в координатах напруга-частота) в різних режимах і траєкторію її переміщення при їх зміні можна отримати в графічному вигляді (рис. 4.8). Надається можливість відкрити вікна проектування індуктивних елементів (кнопка "Inductor") або вибору номіналів елементів, які задають режим роботи контролера ЕПРП (кнопка "Program 1C").

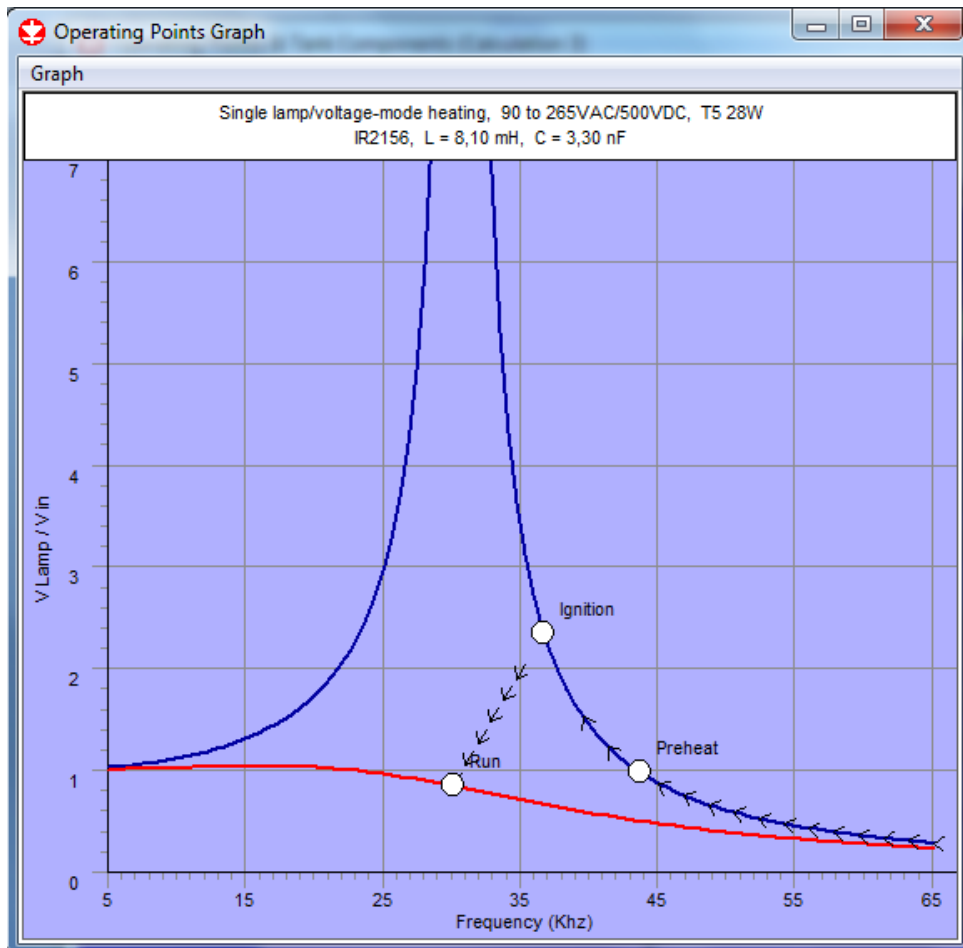


Рис.4.8. Положення робочої точки лампи (в координатах напруга-частота)

Проведений аналіз програмних продуктів автоматизованого проектування ПРП ламп денного світла дає можливість сформулювати способи оптимізації процесу проектування.

4.2 Підвищення ефективності проектування ПРП

Максимальна ефективність може бути досягнута за умови оптимальності усіх прийнятих рішень. При цьому під оптимальністю розуміють таку властивість, за якої отримується найкращий результат, або найкращий з можливих варіантів чогось.

Сам же процес оптимізації є процесом надання будь-чому найвигідніших характеристик, співвідношень (наприклад, оптимізація

виробничих процесів і виробництва).

Відповідно до вищесказаного, оптимізувати процес проектування можна шляхом його автоматизації. Аналіз же різних програмних засобів для автоматизованого проектування електронних ПРП ЛДС показав, що для цього застосовуються методи оцінювання усталеного режиму роботи лампи та самого ПРП і не враховуються особливості перехідних та аномальних режимів.

Крім того не враховується при проектуванні забезпечення електромагнітної сумісності та способи екранування. Відкритим залишається питання врахування в процесі такого проектування теплових режимів роботи силових елементів схеми та оптимальне їх компонування на друкованій платі при конструюванні друкованого вузла.

Врахування зазначених факторів і забезпечить оптимізацію процесу проектування ЕПРП ЛДС та отримання максимальної їхньої ефективності.

4.3 Висновки до розділу 4

Показано, що максимальна ефективність може бути досягнута за умови оптимальності усіх прийнятих рішень. Тому, оптимізувати процес проектування можна шляхом його автоматизації.

Проаналізовано деякі програмні продукти, які можуть застосовуватись для автоматизації процесу проектування електронних ПРП ЛДС. При цьому встановлено, що такі продукти придатні для схемо-технічного проектування із застосуванням шаблонів і типових схемних рішень, однак не враховують конструктивних параметрів кінцевого вироду. При цьому застосовуються методи оцінювання усталеного режиму роботи лампи та самого ПРП і не враховуються особливості перехідних та аномальних режимів.

Врахування зазначених факторів і забезпечить оптимізацію процесу проектування ЕПРП ЛДС та отримання максимальної їхньої ефективності.

РОЗДІЛ 5

СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Особливості роботи в середовищі MATLAB

Останніми роками в університетських і інженерно-технічних кругах світу спостерігається інтенсивне розповсюдження нової комп'ютерної системи здійснення математичних розрахунків - системи Matlab.

Головні переваги "мови технічних обчислень" Matlab полягають в наступному:

- система Matlab спеціально створена для проведення саме інженерних розрахунків: математичний апарат, який використовується в ній, гранично наближений до сучасного математичного апарату інженера та вченого і спирається на обчислення з матрицями, векторами і комплексними числами; графічне представлення функціональних залежностей тут організоване у формі, яку вимагає саме інженерна документація;

- мова програмування системи Matlab досить проста, близька до мови BASIC; вона містить всього декілька десятків операторів; незначна кількість операторів тут компенсується великим числом процедур і функцій, зміст яких легко зрозумілий користувачеві з відповідною математичною і інженерною підготовкою;

- на відміну від більшості математичних систем, Matlab є відкритою системою; це означає, що практично всі процедури і функції Matlab доступні не тільки для використання, але і для коректування і модифікації; Matlab - система, яка може розширюватися користувачем по його бажанню створеними ним програмами і процедурами (підпрограмами); її легко пристосувати до вирішення потрібних класів завдань;

- дуже зручною є можливість використовувати практично всі обчислювальні можливості системи в режимі надзвичайно могутнього

наукового калькулятора; в той же час можна складати власні окремі програми з метою багаторазового їх використання для досліджень, це робить Matlab незамінним засобом проведення наукових розрахункових досліджень;

- останні версії Matlab дозволяють легко інтегрувати її з текстовим редактором Word, що робить можливим використання при створенні текстових документів обчислювальних і графічних можливостей Matlab, наприклад, оформляти інженерні і наукові звіти і статті з включенням в них складних розрахунків і введенням графіків в текст.

Система Matlab має власну мову програмування, яка нагадує BASIC. Запис програм в системі є традиційним і тому звичайним для більшості користувачів персональних комп'ютерів. Додатково система дає можливість редагувати програми за допомогою будь-якого звичного для користувача текстового редактора.

Matlab має широкі можливості для роботи з сигналами, для розрахунку і проектування аналогових і цифрових фільтрів, для побудови їх частотних, імпульсних і перехідних характеристик. В наявності і засоби для спектрального аналізу та синтезу, зокрема, для реалізації прямого і зворотного перетворення Фур'є. Завдяки цьому система досить зручна для проектування електронних пристроїв.

Робота в середовищі Matlab може здійснюватися в двох режимах:

- в режимі калькулятора, коли обчислення здійснюються відразу після набору чергового оператора або команди Matlab; при цьому значення результатів обчислення можуть привласнюватися деяким змінним, або результати виходять безпосередньо, без привласнення (як в звичайних калькуляторах);

- шляхом виклику імені програми, написаної на мові Matlab, заздалегідь складеної і записаної на диску, яка містить всі необхідні команди, що забезпечують введення даних, організацію обчислень і виведення результатів на екран (програмний режим).

У обох режимах користувачеві доступні практично всі обчислювальні

можливості системи, зокрема по виведенню інформації в графічній формі. Програмний режим дозволяє зберігати розроблені обчислювальні алгоритми і, таким чином, повторювати обчислення при інших вхідних даних.

5.2 Моделювання сигналів електронних пуско-регулюючих пристроїв засобами середовища MATLAB

В структурі блоків прийому/передачі аналогових сигналів по ВОЛП неодноразово використовуються пасивні фільтри високих та низьких частот, які подавляють сигнали завад або виділяють корисний сигнал. Проведемо моделювання такого пасивного фільтра в середовищі MATLAB. Фільтр виконаний у вигляді RC -ланки. Розглянемо для прикладу моделювання такої ланки, що має смугу пропускання 5 кГц на рівні -3 дБ. Параметри, що потрібно визначити: а) значення добутку RC ; б) граничну частоту f_c , де потужність вихідного сигналу понижується на 30 дБ, порівняно з такою на частоті $f = 0$.

Передаточна функція інтегруючого RC -ланки має вигляд:

$$H(f) = \frac{1}{1 + j2\pi fRC}$$

Квадрат модуля передаточної характеристики:

$$|H(f)|^2 = \frac{1}{1 + 4\pi^2 f^2 (RC)^2}$$

На частоті $f = 0$ маємо:

$$|H(0)|^2 = 1$$

Неважко бачити, що $|H(f)|^2$ монотонно спадає із зростом f , причому:

$$|H(f)|^2 \approx \frac{1}{4\pi^2 f^2 (RC)^2} \rightarrow 0 \text{ при } f \rightarrow \infty$$

Приблизний вигляд графіку $|H(f)|^2$ показано на рис.5.1.

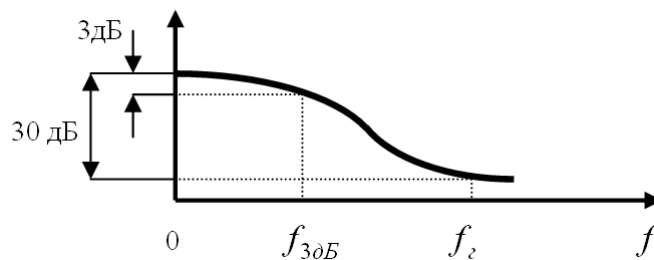


Рис. 5.1. Вигляд графіку модуля функції передачі інтегруючої RC-ланки

Ступінь згасання квадрата модуля передаточної характеристики вимірюють у децибелах (дБ):

$$\Delta = 10 \lg \left(\frac{|H(f)|^2}{|H(0)|^2} \right) = 10 \lg |H(f)|^2 = -10 \lg (1 + 4\pi^2 f^2 (RC)^2)$$

Оскільки для інтегруючої RC-ланки $|H(f)|^2 < 1$ при $f > 0$, ступінь згасання – величина від'ємна.

Якщо відома ступінь згасання Δ для заданої частоти f (з умов задачі), тоді можна визначити добуток RC :

$$1 + 4\pi^2 f^2 (RC)^2 = 10^{-0,1\Delta},$$

$$RC = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{10^{-0,1\Delta} - 1} \quad (5.1)$$

Якщо відомими є добуток RC та ступінь згасання Δ , тоді можна визначити відповідну частоту f :

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \sqrt{10^{-0,1\Delta} - 1} \quad (5.2)$$

Структурна схема або характеристики пристрою:

На рис.5.1 показано якісний характер поведінки квадрату модуля передаточної характеристики.

Для $f \rightarrow \infty$ можемо записати:

$$\Delta \approx -10\lg(4\pi^2 f^2 (RC)^2).$$

Тоді для f_1 :

$$\Delta_1 \approx -10\lg(4\pi^2 f_1^2 (RC)^2),$$

а для $f_2 = 2f_1$:

$$\Delta_2 \approx -10\lg(4\pi^2 4f_1^2 (RC)^2) = -10\lg(4\pi^2 f_1^2 (RC)^2) - 10\lg 4 = \Delta_1 - 6\text{дБ}.$$

Тому говорять, що для достатньо великої частоти згасання рівня сигналу на виході RC -ланки відбувається із швидкістю 6дБ на октаву.

Щоб знайти добуток RC -ланки, що має смугу пропускання 5 кГц з нерівномірністю 3 дБ, скористаємося формулою (5.1):

$$RC = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{10^{-0,1\Delta} - 1} = \frac{\sqrt{10^{0,3} - 1}}{2\pi 5000} = 3,18 \cdot 10^{-5}$$

Зазначимо, що при розрахунках величину Δ треба брати від'ємною.

Щоб знайти граничну частоту f_c , де потужність вихідного сигналу понижується на 30 дБ, порівняно з такою на частоті $f = 0$, скористаємося формулою (5.2):

$$f_c = \frac{1}{2\pi 3,18 \cdot 10^{-5}} \sqrt{10^3 - 1} = 158,2 \cdot 10^3 \text{ Гц} = 158,2 \text{ кГц}$$

Планування та проведення розрахунків на ПЕОМ.

На рис. 5.2 показано приблизний графік квадрату модуля передаточної характеристики RC -ланки. Побудуємо точний графік передаточної характеристики розрахованої RC -ланки;

Для побудови графіку $|H(f)|^2$ в командному вікні програми Matlab треба набрати команди:

```
syms f
RC=3.18*10^(-5);
H=1/(1+(2*pi*f*RC)^2);
H=10*log10(H);
ezplot(H,[0,200000])
grid on
```

Точний графік (рис. 5.2) побудовано в діапазоні частот 0-200кГц.

З графіку видно, що згасання на 30 дБ відбувається біля частоти 160кГц. На частоті 20 кГц, тобто на межі частот, що сприймаються людським вухом, згасання складає лише 12,5дБ.

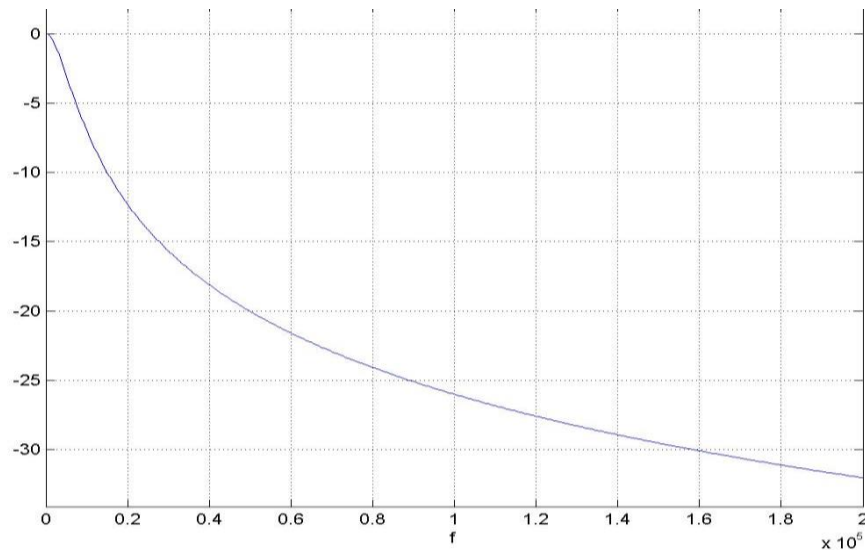


Рис. 5.2. Вигляд графіку модуля функції передачі інтегруючої RC-ланки

Співставлення аналітичних розрахунків та розрахунків на ПЕОМ

Як бачимо, результати теоретичного аналізу та обчислень на ПЕОМ досить добре співпадають. Дійсно, в нашому випадку на частоті 100кГц згасання має значення близько -26,5дБ, а на частоті 200кГц – близько -32,5. Різниця згасань складає 6дБ, а частоти відрізняються в 2 рази (на октаву).

Очевидно, якщо на осі частот відкладати логарифм чисельного значення частоти, тоді для великих значень частоти матимемо практично пряму лінію (рис.5.3, $\log f=4-10$). Команди для побудови графіку рис. 3.3:

```
f=log10(f);
ezplot(H,[0.1,10])
grid on
```

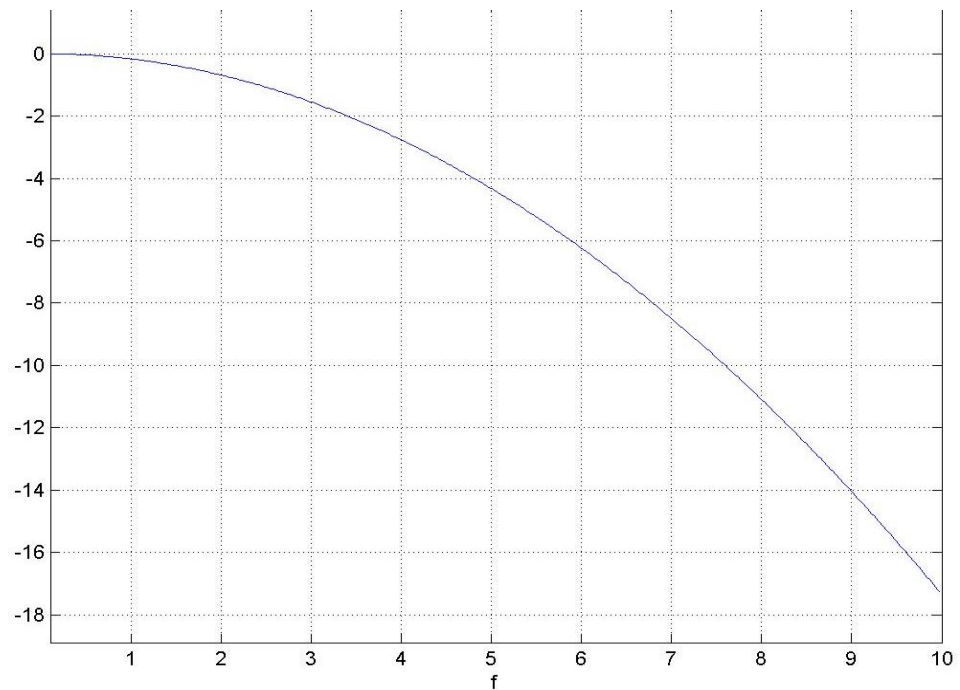


Рис. 5.3. Вигляд графіку модуля функції передачі інтегруючої RC-ланки в логарифмічному масштабі частот

Визначити параметри НЧ фільтру у вигляді двох послідовно з'єднаних RC -ланок, що має смугу пропускання 5 кГц на рівні -3 дБ. Параметри, що потрібно визначити: а) значення добутку RC ; б) граничну частоту f_c , де потужність вихідного сигналу на 30 дБ знижується, порівняно з такою на частоті $f = 0$.

Розглянемо моделювання послідовно з'єднаних двох ланок. Передаточна характеристика двох послідовно з'єднаних лінійних систем дорівнює добутку передаточних характеристик. Тому для двох однакових послідовно з'єднаних інтегруючих RC -ланок маємо:

$$H(f) = \frac{1}{(1 + j2\pi fRC)^2}, \quad |H(f)|^2 = \frac{1}{[1 + 4\pi^2 f^2 (RC)^2]^2}$$

На частоті $f = 0$ маємо:

$$|H(0)|^2 = 1.$$

Неважко бачити, що $|H(f)|^2$ монотонно спадає із зростом f , причому:

$$|H(f)|^2 \approx \frac{1}{(2\pi f RC)^4} \rightarrow 0 \text{ при } f \rightarrow \infty.$$

Приблизний вигляд графіку $|H(f)|^2$ показано на рис. 3.1.

Ступінь згасання квадрата модуля передаточної характеристики вимірюємо аналогічно як для одної ланки RC-ланки:

$$\begin{aligned} 1 + 4\pi^2 f^2 (RC)^2 &= 10^{-0,05\Delta}, \\ RC &= \frac{1}{2\pi f} \sqrt{10^{-0,05\Delta} - 1}. \end{aligned} \quad (5.3)$$

Відповідна частота f :

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \sqrt{10^{-0,05\Delta} - 1}. \quad (5.4)$$

Структурна схема або характеристики пристрою:

Для $f \rightarrow \infty$ можемо записати:

$$\Delta \approx -20 \lg(4\pi^2 f^2 (RC)^2).$$

Тоді для f_1 :

$$\Delta_1 \approx -20 \lg(4\pi^2 f_1^2 (RC)^2),$$

а для $f_2 = 2f_1$:

$$\Delta_2 \approx -20\lg(4\pi^2 4f_1^2 (RC)^2) = -20\lg(4\pi^2 f_1^2 (RC)^2) - 20\lg 4 = \Delta_1 - 12\text{дБ}$$

Тому говорять, що для достатньо великої частоти згасання рівня сигналу на виході двох однакових послідовно з'єднаних RC-ланок відбувається із швидкістю 12дБ на октаву.

Добуток RC-ланки:

$$RC = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{10^{-0,05\Delta} - 1} = \frac{\sqrt{10^{0,15} - 1}}{2\pi 5000} = 2,045 \cdot 10^{-5}$$

Гранична частота f_z , де потужність вихідного сигналу понижується на 30 дБ, порівняно з такою на частоті $f = 0$:

$$f_z = \frac{1}{2\pi \cdot 2,045 \cdot 10^{-5}} \sqrt{10^{1,5} - 1} = 43,048 \cdot 10^3 \text{ Гц} \approx 43 \text{ кГц}$$

Планування та проведення розрахунків на ПЕОМ

Побудуємо графік передаточної характеристики.

Для побудови графіку $|H(f)|^2$ в командному вікні програми Matlab треба набрати команди:

```
syms f
RC=2.045*10^(-5);
H=1/(1+(2*pi*f*RC)^2)^2;
H=10*log10(H);
ezplot(H,[0,200000])
grid on
```

Точний графік (рис. 5.4) побудовано в діапазоні частот 0-200кГц.

З графіку видно, що згасання на

30 дБ відбувається біля частоти 43кГц. На частоті 20 кГц, тобто на межі частот, що сприймаються людським вухом, згасання близько до 18дБ.

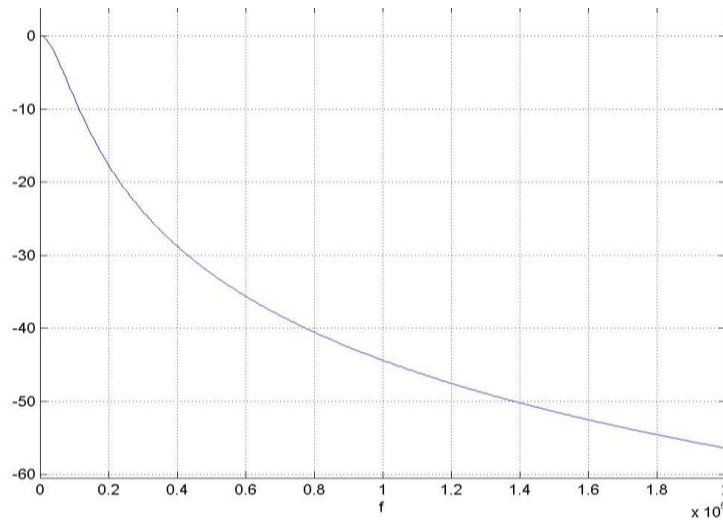


Рис. 5.4. Вигляд графіку модуля функції передачі

Співставлення аналітичних розрахунків та розрахунків на комп'ютері.

Як бачимо, результати теоретичного аналізу та обчислень на комп'ютері досить добре співпадають. Дійсно, в нашому випадку на частоті 100 кГц згасання має значення близько -44дБ, а на частоті 200кГц – близько – 56дБ. Різниця згасань складає 12дБ, а частоти відрізняються в 2 рази (на октаву).

Очевидно, якщо на осі частот відкладати логарифм чисельного значення частоти, тоді для великих значень частоти матимемо практично пряму лінію (рис.5.5, діапазон $\log_{10}f=4-10$). Команди для побудови графіку рис. 5.5:

```
f=log10(f);
ezplot(H,[0.1,10])
grid on
```

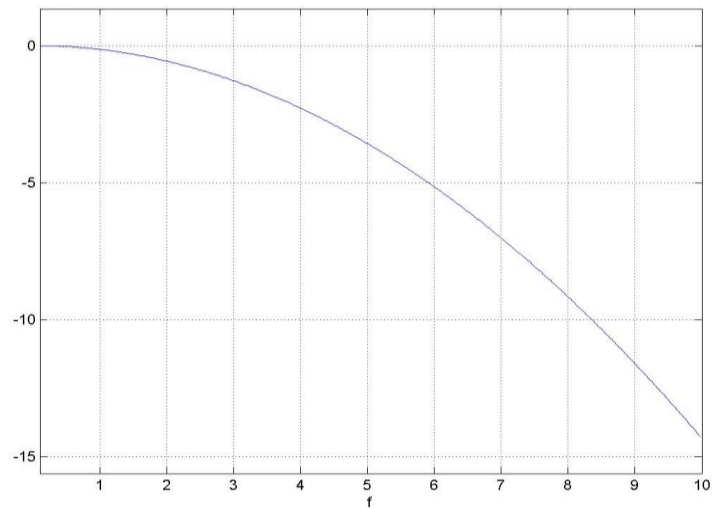


Рис. 5.5. Вигляд графіку фазо-частотної характеристики фільтра

Знаючи точні значення параметрів вхідного фільтра можна змоделювати його частотні характеристики та роботу його при різних типах та формах вхідних сигналів.

РОЗДІЛ 6

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи

Наукові дослідження, які є основою наступних стадій інноваційних процесів, класифікують по трьом видам: фундаментальні, пошукові та прикладні.

Фундаментальні дослідження проводять з метою отримання систематизованих даних щодо певної науково-технічної проблеми, виявлення нових закономірностей і принципів розвитку світу, обґрунтування нових понять, створення нових теорій.

Пошукові дослідження розвивають фундаментальні розробки з метою їх практичної використання, тобто вони спрямовані на конкретний науково-технічний результат.

Прикладні наукові дослідження, в свою чергу, базуються на пошукових і проводяться для розробки нових чи удосконалення існуючих технологічних процесів; створення матеріалів з особливими властивостями; принципово нових зразків машин, обладнання, приладів, оснащення, високотехнологічних наукомістких виробництв.

І, нарешті, розробки – технологічні, дослідно-конструкторські, проектні, організаційні роботи, які включають створення техніко-економічної документації для освоєння нововведень (нових технологій, нової продукції та виробництв, споруд, прогресивних методів організації та управління виробництвом) та їх дослідно-експериментального випробування.

Основне завдання економічного обґрунтування – довести, що тема досліджень, яку опрацьовує магістрант, має, перш за все, наукову, технічну, а також економічну, соціальну або екологічну значущість і сприяє тим самим зростанню темпів науково-технічного прогресу в цілому. З цією метою акцентується увага на масштабах виробництва і використання продукції, на

підвищення якості або удосконалення виробництва якої направлена тема магістерської роботи.

У разі, коли дослідження має фундаментальний або фундаментально-пошуковий характер необхідно висвітлити науково-технічне значення даної сфери знань та перспективи, які розкривають дослідження по темі магістерської роботи.

Ця частина економічного розділу повністю формується на основі критичного опрацювання фахових публікацій останніх років, які присвячені питанням, що стосуються теми дослідження. Всі викладки цієї частини повинні спиратись на конкретні кількісні оцінки експлуатаційних та технологічних властивостей матеріалів та виробів, обсягів їх виробництва та використання, режимів технологічних процесів, ринкової вартості виробів та технологічних матеріалів, сировини, енергоресурсів тощо з відповідним посилками в тексті на першоджерела.

Результатом цього розділу має стати чітко сформульована науково-технічна проблема, на вирішення якої повинна бути направлена дана дослідницька робота. Таким чином, сформульована проблема і тема науково-дослідницької роботи повинні знаходитись у логічній єдності між собою.

6.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Розрахунок усіх витрат організації-виконавця НДР, пов'язаних з виконанням теми, дає можливість встановити її собівартість або кошторисну вартість. Кошторис розробляє виконавець робіт на основі календарного плану проведення досліджень і затверджує замовник або орган, що забезпечує фінансування робіт. Як правило, кошторис складається до початку виконання робіт і тому називається плановим.

Встановлення величини витрат на проведення робіт по темі в розрізі типових статей кошторисної вартості (калькуляції собівартості) НДР наводяться нижче.

6.2.1 Витрати на оплату праці. Витрати за цією статтею включають заробітну плату безпосередніх виконавців теми, а заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу, працівників дослідних виробництв включаються в кошторисну вартість теми через статтю «Накладні витрати». Крім цього, слід враховувати, що для тем, які фінансуються за рахунок держбюджету прибуток не планується і тому в дану статтю витрат включається тільки основна заробітна плата (без премій та інших виплат, що здійснюються із прибутку). Витрати на оплату праці розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі (табл. 1.1) та посадових окладів безпосередніх їх виконавців.

Загальна трудомісткість робіт, що виконуються безпосередньо студентом (інженером - дослідником), визначається навчальним планом відповідного напрямку підготовки.

Таблиця 6.1

Трудомісткість робіт по темі НДР

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість за виконавцями, людино-днів					
	Провідний науковий співробітник	Старший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник	Інженер	Лаборант	Студент
1. Уточнення та конкретизація завдань по темі дослідження	3	2	2	–	–	1
2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми	1	1	3	–	–	7
3. Розроблення математичної моделі	3	3	3	–	–	3
4. Розроблення методу опрацювання	3	3	4	–	–	4
5. Експериментальні дослідження	2	2	2	2	2	2
6. Формування звіту по НДР	5	7	7	7	7	7
Разом за виконавцями теми	17	18	21	9	9	24

Подальші розрахунки витрат на оплату праці проводиться за алгоритмом, зрозумілим із табл. 6.2.

Середньоденна заробітна плата за категоріями виконавців розраховується шляхом ділення їх посадового місячного окладу на 21,2 (де 21,2 – усереднене число робочих днів за місяць).

Таблиця 6.2

Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, люд-днів	Заробітна плата, грн		
		Посадовий місячний оклад	Середньоденна зарплата	Усього за виконавцями
1.Провідний науковий співробітник	17	4847	228,63	3886,71
2.Старший науковий співробітник	18	3768	177,74	3199,32
3. Молодший науковий співробітник	21	2036	96,04	2016,84
4. Інженер	9	1902	89,72	807,48
5. Лаборант	9	1470	69,34	624,06
6. Студент	24	1470	69,34	1664,16
Разом оплата праці з теми				12198,57

6.2.2 Відрахування на соціальні заходи. До цієї статті витрат належать виплати у вигляді єдиного соціального внеску, які здійснює організація – виконавець теми в пенсійний фонд в розмірі 37,26%, що становить 4545,19 від загальних витрат на оплату праці.

Базою вказаного нарахування слугують загальні витрати на оплату праці по темі (табл.6.2).

6.2.3 Обладнання, необхідне для проведення досліджень. В даній статті враховують вартість усіх видів матеріалів, необхідних для проведення НДР, з вирахуванням вартості зворотних відходів.

Тематика дослідницьких робіт, які виконуються на факультеті контрольно-вимірювальних та радіокомп'ютерних систем, передбачає

використання, перш за все, комп'ютерної діагностичної системи, комп'ютерів для опрацювання кардіосигналів сигналів та формування матеріалів звітності, оргтехніки та інші.

Розрахунки зведено за формою у табл.6.3

Таблиця 6.3

Розрахунки витрат на обладнання

Найменування обладнання	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн	Сума,грн.
1. ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	шт	1	8400	8400
2. Принтер лазерний	шт	1	1800	1800
3. Кабель для підключення до ПК	шт	1	125	125
Загальні витрати на матеріали				10325

6.2.4 Енергоносії для проведення досліджень. На підприємстві електроенергія використовується для освітлення, живлення медобладнання, комп'ютерної техніки та оргтехніки.

$$Z_{cm} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot k_i \cdot t_i \cdot C_i, \quad (6.1)$$

де P_i – витрата i -го виду матеріального ресурсу, натуральні одиниці;

C_i - ціна за одиницю i -го виду матеріального ресурсу, грн;

k_i – коефіцієнт використання потужності i -го виду матеріального ресурсу;

t_i – час роботи i -го виду матеріального ресурсу;

i - вид матеріального ресурсу;

n - кількість видів матеріальних ресурсів.

Якщо для проведення НДР використовується електрообладнання, то необхідно розрахувати витрати на електроенергію за формою (6.1), наведеною в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Паспортна потужність, Вт	Коефіцієнт використання потужності	Час роботи обладнання для розробку АІС, год	Ціна електроенергії, Грн/ (кВт/год)	Сума, грн.
ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	250	0,15	120	1,72	7740
Принтер лазерний	700	0,25	3	1,72	903
Лампи розжарювання (освітлення)	150	0,85	15	1,72	3289,5
РАЗОМ витрати на електроенергію					11932,5

6.2.5 Витрати на службові відрядження. Дані витрати складаються із фактичних витрат на службові відрядження штатних працівників, зайнятих виконанням НДР: витрат на проїзд до місця відрядження і назад; витрат на проживання у готелі; добових витрат, які розраховуються на кожний день перебування у відрядженні, враховуючи час перебування в дорозі, та деякі інші.

Під час виконання НДР здійснюються ряд відряджень, які пов'язані із доповідями на конференціях, які наведено у таблиці 6.5.

Приблизні витрати на службові відрядження

Тип відрядження	Кількість	Приблизна вартість відрядження
Конференція	5	1000
Здача звітів НДР	1	250
Впровадження результатів НДР	3	350
Всього	—	1600

6.2.6. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми. Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл.6.6).

Таблиця 6.6

Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1	2	3
1.Витрати на оплату праці	12198,57	Відповідно до розрахунків
2.Відрахування на соціальні заходи	4545,19	Відповідно до діючих загальнодержавних нормативів
3.Обладнання для проведення досліджень	10325	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	11932,5	Відповідно до розрахунків
5.Витрати на службові відрядження	1600	Відповідно до розрахунків
6.Інші невраховані прямі витрати по темі	4060,13	10% від суми прямих розрахованих витрат по темі
7.Кошторисна вартість теми	44661,39	Сума попередніх статей

Кінцевим результатом науково-дослідницьких робіт є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, соціального, екологічного та інших видів ефектів.

Науковий ефект від виконання теми передбачає приріст наукових знань у певній сфері науки, а науково-технічний ефект характеризує можливість

використання цих наукових знань в інших наукових напрямках та при розробці принципово нових технічних рішень. Економічний ефект відображає потенціал НДР в досягненні кращого співвідношення результатів виробництва до витрат і має прогнозний характер. Соціальний ефект заводитьсь до збільшення числа робочих місць, поліпшення умов праці та побуту, скорочення тривалості робочого тижня, розвитку охорони здоров'я, науки, культури, освіти. Екологічний ефект полягає в поліпшенні стану навколишнього середовища, зменшенні електромагнітного та іонізуючого випромінювання тощо.

6.3. Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи

Економічна оцінка фундаментальних і пошукових НДР у вартісному вимірі, як правило, неможливо, бо ймовірність доведення результатів таких досліджень до конкретного практичного застосування невелике. Для таких досліджень рекомендується визначати науковий та науково-технічний ефект, який враховує результати наукових досліджень та їх значущість для прискорення науково-технічного прогресу та розвитку національної економіки.

Науковий та науково-технічний ефект рекомендується оцінювати коефіцієнтом науково-технічної ефективності (E_{nt}) за допомогою формули:

$$E_{nt} = \frac{\sum B_i \cdot B_{ij}}{\sum B_i \cdot B_{ij}^{\max}}, \quad (6.2)$$

де B_i – нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності (табл. 6.7);

B_{ij} – середнє значення балу, який виставляється експертами і-му фактору;

B_{ij}^{\max} – максимально можливе значення балу (табл. 6.8);

i – порядковий номер фактору;

j – відповідна характеристика i -го фактора.

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності наведені в табл. 6.7.

Таблиця 6.7

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів
науково-технічної ефективності

Фактори (i)	Коефіцієнти вагомості (B_i)
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	0,25
2.Глибина наукового опрацювання	0,16
3.Ступінь ймовірності успіху	0,09
4.Перспективність використання результатів	0,25
5.Масштаб можливої реалізації результатів	0,15
6.Завершеність одержаних результатів	0,10
Разом	1,00

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР наведена в табл. 6.8.

Таблиця 6.8

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР

Фактор наукової та науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Оцінка фактора	
		Якісна	Бальна A_{ij}^{\max}
1	2	3	4
1.Новизна одержаних або передбачуваних результатів	Одержані принципово нові результати, раніше невідомі в науці, розроблена нова теорія, відкрита нова закономірність	Висока	10
	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	Середня	7
	Позитивне вирішення поставлених задач на підставі простих узагальнень, аналіз зв'язків між факторами, розповсюдження відомих наукових принципів на об'єкти	Недостатня	3
	Опис окремих елементарних фактів, передача та поширення отриманих раніше результатів, реферативні огляди	Тривіальна	1

Продовження таблиці 6.8

1	2	3	4
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена значна кількість експериментів по нетрадиційним методикам, виконані складні теоретичні розрахунки, підтверджені експериментальними даними	Істотна	10
	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	Середня	6
	Проведена недостатня кількість експериментів, виконані прості теоретичні розрахунки без експериментальної перевірки	Несуттєва	1
3.Стіпень ймовірності успіху	Висока ймовірність повного вирішення поставлених задач НДР	Значна	10
	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	Помірна	6
	Низька ймовірність вирішення поставлених задач, отримання позитивних результатів сумнівне	Незначна	1
4.Масштаб використання результатів	Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук	Широкий	10
	Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці	Достатньо широкий	8
	Результати будуть використані при проведенні наступних НДР, при розробці нових технічних рішень в конкретній галузі	Достатній	5
5.Ступінь реалізації результатів	Строк впровадження, роки: До 2	Висока	10
	До 4	Середня	7
	До 6	Достатня	4
	Більше 6	Недостатня	2
6.Завершення одержаних результатів	Авторське свідоцтво, стаття в фаховому виданні, методика, інструкція, класифікатор, стандарти, нормативи.	Висока	10
	Технічне завдання на прикладну НДР	Середня	8
	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	Достатня	6
	Огляд, інформаційне повідомлення	Недостатня	3

Кількісна оцінка факторів науково-технічної ефективності НДР здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне. Отримані результати зводять за формою табл. 6.9.

Результати розрахунків науково-технічної ефективності НДР

Фактори науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Розрахунок B_{ij}			B_{ij}^{\max}
		Експертні оцінки		B_{ij}	
		1	2		
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	3	3	3	10
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	6	6	6	10
3.Ступінь ймовірності успіху	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	6	6	6	10
4.Перспективність використання результатів	Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук	10	10	10	10
5.Масштаб можливої реалізації результатів	До 2 років	10	10	10	10
6.Завершеність одержаних результатів	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	6	6	6	10

Розраховане за формулою 6.2 значення $E_{нт}$ буде відображати рівень наукової та науково-технічної ефективності конкретної теми фундаментального чи пошукового дослідження:

$$E_{нт} = \frac{0.25 \cdot 3 + 0.16 \cdot 6 + 0.09 \cdot 6 + 10 \cdot 0.25 + 10 \cdot 0.15 + 6 \cdot 0.1}{1 \cdot 10} = 0,685 .$$

Загальну оцінку магістерської НДР можна здійснити, користуючись даними табл. 6.10.

Таблиця 6.10

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності фундаментальних та пошукових НДР

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності		Можливі рекомендації по результатам виконання НДР
Розраховане значення $E_{нт}$	Загальна якісна оцінка ефективності	
0,91-1,00	Відмінно	Оформлення авторського свідоцтва, публікація у фаховому виданні, продовження досліджень по даній тематиці
0,76-0,90	Дуже добре	
0,61-0,75	Добре	Рекомендації можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів
0,36-0,60	Достатня	Переглянути технічне завдання у разі продовження досліджень по даній темі
Менш 0,35	Незадовільна	Здійснити всебічний аналіз отриманих результатів по темі

6.4 Висновки до розділу 6

У розділі на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 44661,39 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

РОЗДІЛ 7

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Охорона праці

7.1.1 Планування заходів з охорони праці. Види планування та контролю стану охорони праці. Виявлення, оцінка та зменшення ризиків небезпечних подій.

Метою планування заходів з охорони праці є визначення необхідних вкладень у заходи з охорони праці для ефективного впливу на стан охорони праці.

Система планів з охорони праці окремого підприємства може включати:

- перспективне планування (на період, більший одного року) ;
- поточне планування (на рік) ;
- оперативне планування (детальні плани, спрямовані на вирішення конкретних питань працезахоронної діяльності на підприємстві в короткостроковому, до одного року, періоді).

Планування в охороні праці може включати:

- визначення цілей діяльності з охорони праці на підприємстві та засобів їх досягнення;
- вибір методів і базових показників, за допомогою яких може здійснюватися оцінка необхідних вкладень в охорону праці;
- розрахунок суми вкладень у заходи з охорони праці та раціональний розподіл цієї суми за напрямками діяльності;
- забезпечення організації контролю виконання плану (при необхідності здійснення коригування запланованих показників) ;
- здійснення постійного контролю умов і безпеки праці на підприємстві та оперативне реагування на відхилення від нормативних вимог.

Перспективне планування вміщує найбільш важливі, трудомісткі і довгострокові за терміном виконання заходи з охорони праці, виконання яких,

як правило, вимагає сумісної роботи кількох підрозділів підприємства. Можливість виконання заходів перспективного плану повинна бути підтверджена обґрунтованим розрахунком необхідного матеріально-технічного забезпечення і фінансових витрат з зазначенням джерел фінансування.

До перспективних планів належить комплексний план покращення умов праці і санітарно-оздоровчих заходів, що передбачає створення, відповідно до нормативних актів з охорони праці, умов праці, пов'язаних з перспективними змінами підприємства. Таке планування, як правило, розраховане на термін від 2 до 5 років. Реалізація цих планів забезпечується через річні плани номенклатурних заходів з охорони праці, які вносяться до угоди, що є невід'ємною частиною колективного договору.

Поточне планування здійснюється у межах календарного року через розроблення відповідних заходів у розділі «Охорона праці» колективного договору.

Поточні плани передбачають реалізацію заходів із покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві. Ці плани обов'язково забезпечуються фінансуванням згідно з розробленими кошторисами.

Питання охорони праці можуть віддзеркалюватися в інших поточних планах, які підприємства та організації можуть складати на вимогу трудових колективів:

- план соціального розвитку колективу;
- наукової організації праці;
- механізації важких і ручних робіт;
- охорони праці жінок;
- підготовки підприємства до робіт в осінньо-зимовий період;
- підвищення культури виробництва та ін.

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюється за підсумками контролю стану охорони праці в структурних підрозділах і на

підприємстві в цілому.

Оперативні плани складаються для швидкого виправлення виявлених в процесі державного, відомчого і громадського контролю недоліків в стані охорони праці, а також для ліквідації наслідків аварій або стихійного лиха.

Оперативні заходи щодо усунення виявлених недоліків зазначаються безпосередньо у наказі власника підприємства, який видається за підсумками контролю, або у плані заходів, як додатку до наказу.

Організаційно-методичну роботу щодо складання перспективних, поточних та оперативних планів здійснює служба (спеціаліст) охорони праці.

7.1.2 Особливості розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру

Розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві організовує роботодавець відповідно до Положення про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 21 серпня 2001 року №1094.

Розслідуванню підлягають раптові погіршення стану здоров'я, поранення, травми, у тому числі отримані внаслідок тілесних ушкоджень, заподіяних іншою особою, гострі професійні захворювання і гострі професійні та інші отруєння, теплові удари, опіки, обмороження, утоплення, ураження електричним струмом, блискавкою та іонізуючим випромінюванням, інші ушкодження, отримані внаслідок аварій, пожеж, стихійного лиха (землетруси, зсуви, повені, урагани та інші надзвичайні події), контакту з тваринами, комахами та іншими представниками фауни і флори, що призвели до втрати працівником працездатності на один робочий день чи більше або до необхідності переведення потерпілого на іншу (легшу) роботу терміном не менш як на один робочий день, а також випадки смерті на підприємстві.

До гострих професійних отруєнь належать випадки, що сталися після

одноразового (протягом не більше однієї робочої зміни) впливу небезпечних факторів, шкідливих речовин.

Гострі професійні захворювання спричиняються дією хімічних речовин, іонізуючого та неіонізуючого випромінювання, значним фізичним навантаженням та перенапруженням окремих органів і систем людини. До них належать також інфекційні, паразитарні, алергійні захворювання тощо.

Визнаються пов'язаними з виробництвом, і складається акт за формою Н-1 про нещасні випадки, що сталися з працівниками під час виконання трудових (посадових) обов'язків, у тому числі у відрядженнях, а також ті, які сталися під час:

- перебування на робочому місці, на території підприємства або в іншому місці роботи протягом робочого часу, починаючи з моменту приходу працівника на підприємство і до його виходу (який повинен фіксуватися відповідно до правил внутрішнього трудового розпорядку) або за дорученням роботодавця в неробочий час, під час відпустки, у вихідні та святкові дні;

- приведення в порядок знарядь виробництва, засобів захисту, одягу, виконання заходів особистої гігієни перед початком роботи і після її закінчення;

- проїзду на роботу чи з роботи на транспортному засобі підприємства або на транспортному засобі іншого підприємства, яке надало його згідно з договором (заявкою), за наявності розпорядження роботодавця;

- використання власного транспортного засобу в інтересах підприємства з дозволу або за дорученням роботодавця відповідно до встановленого порядку;

- проведення дій в інтересах підприємства, на якому працює потерпілий, тобто дій, які не входять до кола виробничого завдання чи прямих обов'язків працівника (надання необхідної допомоги іншому працівникові, дії щодо попередження можливих аварій або рятування людей та майна підприємства, інші дії за наявності розпорядження роботодавця тощо);

- ліквідації аварій, пожеж та наслідків стихійного лиха на виробничих

об'єктах і транспортних засобах, що використовуються підприємством;

- надання підприємством шефської допомоги;

- перебування на транспортному засобі або на його стоянці, на території вахтового селища, у тому числі під час змінного відпочинку, якщо причина нещасного випадку пов'язана з виконанням потерпілим трудових (посадових) обов'язків або з дією на нього небезпечних чи шкідливих виробничих факторів або середовища;

- прямування працівника до (між) об'єкта (ми) обслуговування за затвердженими маршрутами або до будь-якого об'єкта за дорученням роботодавця;

- прямування до місця відрядження та в зворотному напрямку відповідно до завдання про відрядження.

Нещасні випадки визнаються пов'язаними з виробництвом, і складається акт за формою Н-1 також у випадках:

- природної смерті працівника під час перебування на підземних роботах;

- нанесення тілесних ушкоджень іншою особою або вбивство працівника під час виконання чи у зв'язку з виконанням ним трудових (посадових) обов'язків незалежно від порушення кримінальної справи;

- які сталися з працівниками на території підприємства або в іншому місці роботи під час перерви для відпочинку та харчування, яка встановлюється згідно з правилами внутрішнього трудового розпорядку, а також під час перебування працівників на території підприємства у зв'язку з проведенням роботодавцем наради, отриманням заробітної плати, обов'язковим проходженням медичного огляду тощо, а також у випадках, передбачених колективним договором (угодою).

За висновками роботи комісії з розслідування не визнаються пов'язаними з виробництвом, і не складається акт за формою Н-1 про ті нещасні випадки, що сталися з працівниками:

- під час прямування на роботу чи з роботи пішки, на громадському,

власному або іншому транспортному засобі, який не належить підприємству і не використовувався в інтересах цього підприємства;

- за місцем постійного проживання, на території польових і вахтових селищ;

- під час використання ними в особистих цілях транспортних засобів, а також устаткування, механізмів, інструментів підприємства без дозволу роботодавця, крім випадків, що сталися внаслідок несправності цього устаткування, механізмів, інструментів;

- внаслідок отруєння алкоголем, наркотичними або іншими отруйними речовинами, а також унаслідок їх дії (асфіксія, інсульт, зупинка серця тощо) за наявності медичного висновку, якщо це не викликано застосуванням цих речовин у виробничих процесах або порушенням вимог безпеки щодо їх зберігання і транспортування, або якщо потерпілий, який перебував у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, був відсторонений від роботи згідно встановленого порядку;

- під час скоєння ними злочинів або інших правопорушень, якщо ці дії підтверджені рішенням суду;

- у разі природної смерті або самогубства, що підтверджено висновками судово-медичної експертизи та органів прокуратури.

Якщо за висновками роботи комісії з розслідування прийнято рішення, що про нещасний випадок не повинен складатися акт за формою Н-1, про такий нещасний випадок складається акт за формою НТ (невиробничий травматизм) відповідно до Порядку розслідування та обліку нещасних випадків невиробничого характеру.

7.1.3 Пожежна сигналізація і зв'язок. Засоби гасіння пожеж. Протипожежне водопостачання. Первинні засоби пожежогасіння. Автоматичні засоби пожежогасіння на об'єктах галузі.

Будинки, споруди, приміщення, технологічні установки повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, ящиками з

піском, покривалами з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини чи повсті, іншим пожежним інструментом, які використовуються для локалізації і ліквідації пожеж у початковій стадії їхнього розвитку.

Норми належності первинних засобів пожежогасіння для об'єктів слід установлювати згідно з нормами технологічного проектування, Типовими нормами належності вогнегасників (НАПБ Б.ОЗ .001-2004) та Правилами пожежної безпеки в Україні.

Коли від пожежі захищаються приміщення з персональними комп'ютерами, то слід урахувати специфіку вогнегасних речовин у вогнегасниках, які призводять під час гасіння до псування обладнання. Ці приміщення рекомендується оснащувати вуглекислотними вогнегасниками з урахуванням граничнодопустимої концентрації вогнегасної речовини.

Для зазначення місцезнаходження первинних засобів пожежогасіння слід установлювати відповідні знаки згідно з чинними державними стандартами. Знаки слід розміщувати на видних місцях на висоті 2-2,5 м від рівня підлоги як у середині, так і поза приміщеннями (у разі потреби).

Переносні вогнегасники повинні розміщуватися шляхом:

- навішування на вертикальні конструкції на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і на відстані від дверей, достатній для її повного відчинення;
- установлення в пожежні шафи пожежних кранів, або у спеціальні тумби;
- навішування вогнегасників на кронштейни, розміщення їх у тумбах або пожежних шафах повинне забезпечувати можливість прочитання маркувальних написів на корпусі.

Експлуатація та технічне обслуговування вогнегасників повинно здійснюватися відповідно до вимог Правил експлуатації вогнегасників (НАПБ Б.01.008-2004).

Вогнегасники, введення яких в експлуатацію дозволене, повинні мати:

а) облікові (інвентарні) номери за прийнятою на об'єкті системою нумерації;

б) пломби на пристроях ручного пуску;

в) бирки та маркувальні написи на корпусі, червоне сигнальне пофарбування згідно з державними стандартами.

Зарядження й перезарядження вогнегасників усіх типів повинно проводитися відповідно до інструкції з експлуатації. Заряджені вогнегасники, у яких маса вогнегасного заряду або тиск середовища є меншим або більшим від номінальних значень на 5% (за температури 20°C), підлягають дозарядженню (перезарядженню).

Використані вогнегасники, а також вогнегасники із зірваними пломбами необхідно негайно направляти на перезарядження або на перевірку.

На перезарядження (технічне обслуговування) з об'єкта дозволяється відправити не більше 50% вогнегасників від їх загальної кількості.

Вогнегасники, установлені за межами приміщень або в неопалюваних приміщеннях та не призначені для експлуатації за мінусових температур, слід знімати на холодний період року. У таких випадках на пожежних щитах треба вмістити інформацію про місце розташування найближчого вогнегасника.

Правила використання первинних засобів пожежогасіння.

За видом вогнегасної речовини вогнегасники розподіляються на: водяні, пінні, порошкові, вуглекислотні, хладонові, комбіновані.

Всі об'єкти укомплектовані двома типами вогнегасників - вуглекислотними і порошковими.

В залежності від класу пожеж використовуються наступні типи вогнегасників:

- клас пожежі А (горіння твердих речовин) - порошкові вогнегасники;

- клас пожежі В (горіння рідких речовин) - порошкові, вуглекислотні вогнегасники;

- клас пожежі С (горіння газоподібних речовин) - порошкові вогнегасники;

- клас пожежі В (горіння металів) - порошкові, вуглекислотні вогнегасники;

- клас пожежі Е (горіння електроустановок) - вуглекислотні вогнегасники.

Час виходу вогнегасної речовини, як з вуглекислотного так і з порошкового вогнегасників обмежений і становить від 12 до 18 секунд. Тому, слід пам'ятати, що вогнегасник ефективний для гасіння пожежі (осередку пожежі) у початковій стадії її розвитку, коли площа пожежі і задимлення приміщення незначні.

Для приведення до дії вуглекислотного вогнегасника необхідно:

1. видалити запобіжну чеку;
2. спрямувати розтруб на вогнище пожежі;
3. натиснути на важіль або повернути маховик вентиля, при цьому вогнегасна речовина з корпусу по сифонній трубці через розтруб подається на осередок пожежі.

Для приведення до дії порошкового вогнегасника необхідно:

1. видалити запобіжну чеку;
2. натиснути на кнопку з голкою;
3. натиснути на важіль;
4. спрямувати струмінь порошку на осередок пожежі.

Показати працівникам місцезнаходження на об'єкті вогнегасників та провести теоретичне та практичне відпрацювання правил їх використання.

Внутрішній протипожежний водогін.

Кожен пожежний кран має бути укомплектований пожежним рукавом однакового з ним; діаметра та стволом, кнопкою дистанційного запуску пожежних насосів (за наявності таких кранів), а також важелем для полегшення відкривання вентиля. Елементи з'єднання пожежного крана, рукавів та ручного пожежного ствола мають бути однотипними.

Пожежний рукав необхідно утримувати сухим, складеним в "гармошку" або подвійне скатку, приєднаним до крана та ствола і не рідше одного разу на

шість місяців перекантовувати. Використання пожежних рукавів для господарських та інших потреб, не пов'язаних з пожежогашінням, не допускається. Пожежні крани повинні розміщуватись у вбудованих або навісних шафах, які мають отвори для провітрювання і пристосовані для опломбування та візуального огляду їх без розкривання. На дверцятах пожежних шаф із зовнішнього боку повинні бути вказані після літерного індексу пожежного крану "ПК" порядковий номер крана та номер телефону для виклику пожежної охорони.

Пожежні крани не рідше одного разу на шість місяців підлягають технічному обслуговуванню і перевірці на працездатність шляхом пуску води з реєстрацією результатів перевірки у спеціальному журналі обліку технічного обслуговування.

Пожежні крани повинні постійно бути справними і доступними для використання.

У приміщенні, де встановлені насоси-підвищувачі, повинні бути вивішені загальна схема протипожежного водопостачання та схема обв'язки насосів. На кожній засувці й пожежному насосі-підвищувачі слід надавати інформацію про їхнє призначення. Порядок увімкнення насосів-підвищувачів повинен визначатися інструкцією.

Електрифіковані засувки повинні перевірятися не рідше двох разів на рік, а пожежні насоси - щомісяця й утримуватись у постійній експлуатаційній готовності.

Не рідше одного разу на місяць повинна перевірятися надійність переведення пожежних насосів з основного на резервне електропостачання з реєстрацією результатів у журналі.

Призначення установок автоматичної пожежної сигналізації та установок пожежогашіння.

Автоматична пожежна сигналізація (далі АПС) призначена для виявлення ознак пожежі на ранній (початковій) стадії її виникнення і подачі

сигналу про пожежу на пульт пожежної сигналізації, який встановлюється в приміщенні з цілодобовим перебуванням чергового персоналу.

Системи автоматичної пожежної сигналізації обладнуються пожежними сповіщувачами, які реагують на появу диму (димові сповіщувачі) або на підвищення температури вище $+70^{\circ}\text{C}$ (теплові сповіщувачі). Пожежні сповіщувачі повинні функціонувати цілодобово. Відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в галузі зв'язку, об'єкти електрозв'язку, як правило, слід обладнувати димовими сповіщувачами.

Установки автоматичного пожежогасіння призначені для гасіння пожеж у приміщеннях. Установки автоматичного пожежогасіння можуть бути газові, порошкові, водяні, пінні. Установка автоматичного пожежогасіння приводиться у дію автоматично при спрацюванні автоматичної пожежної сигналізації у разі виникнення пожежі у приміщенні, де вона змонтована.

Ознайомити працівників з установками АПС та пожежогасіння, які змонтовані на об'єкті.

7.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

7.2.1 Порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій

Хімічна небезпека. Аварії (катастрофи) на підприємствах, транспорті та продуктопроводах можуть супроводжуватися викидом (вилливом) в атмосферу і на прилеглу територію сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), таких як хлор, аміак, синильна кислота, фосген, сірчаний ангідрид та інші. Це являє серйозну небезпеку для населення, заражене повітря уражає органи дихання, а також очі, шкіру та інші органи.

Фактори небезпеки викиду (розливу) хімічно небезпечних речовин: забруднення навколишнього середовища, небезпека для всього живого, що опинилося на забрудненій місцевості (загибель людей, тварин, знищення посівів та ін.), крім того, внаслідок можливого хімічного вибуху виникнення сильних руйнувань на значній території.

Дії у випадку загрози виникнення хімічної небезпеки:

1. Сирени і переривчасті гудки підприємств - це сигнал "Увага всім". негайно ввімкніть приймач радіотрансляційної мережі або телевізор. Слухайте інформацію про надзвичайну ситуацію та порядок дій.

2. При оголошенні небезпечного стану уникайте паніки.

3. Попередьте сусідів, надайте допомогу інвалідам, дітям та людям похилого віку.

4. Виконайте заходи щодо зменшення проникнення отруйних речовин в квартиру (будинки): щільно закрийте вікна та двері, щілини заклейте.

5. Підготуйте запас питної води: наберіть воду у герметичні ємності, підготуйте найпростіші засоби санітарної обробки (мильний розчин для обробки рук).

6. Дізнайтеся у місцевих органів влади про місце збору мешканців для евакуації та уточніть час її початку. Підготуйтеся: упакуйте у герметичні пакети та складіть у валізу документи, цінності та гроші, предмети першої необхідності, ліки, мінімум білизни та одягу, запас консервованих продуктів на 2-3 доби.

7. Перед виходом з будинку вимкніть джерела електро-, водо- і газопостачання, візьміть підготовлені речі, одягніть засоби захисту.

Дії у випадку раптового виникнення хімічної небезпеки:

1. Уникайте паніки. З одержанням повідомлення (по радіо або іншим засобам оповіщення) про викид (розлив) в атмосферу СДОР та про небезпеку хімічного зараження, виконайте передбачені заходи.

2. Надягніть засоби індивідуального захисту органів дихання та найпростіші засоби захисту шкіри.

3. По можливості негайно залишіть зону хімічного забруднення.

4. Якщо засобів індивідуального захисту немає і вийти із району аварії неможливо, залишайтеся у приміщенні і негайно та надійно герметизуйте приміщення! Зменшить можливість проникнення СДОР (парів, аерозолів) у приміщення: щільно закрийте вікна та двері, димоходи, вентиляційні люки,

щілини в рамах вікон та дверей заклейте, вимкніть джерела газо-, електропостачання та загасіть вогонь у печах. Чекайте повідомлень органів влади з питань надзвичайних ситуацій через засоби зв'язку.

5. Знайте, що вражаюча дія конкретної СДОР на людину залежить від її концентрації у повітрі та тривалості, тому якщо немає можливості покинути небезпечну зону, не панікуйте і продовжуйте вживати заходи безпеки.

6. Швидко зберіть необхідні документи, цінності, ліки, продукти, запас питної води та інші необхідні речі у герметичну валізу та підготуйтеся до евакуації.

7. Попередьте сусідів про початок евакуації. Надайте допомогу дітям, інвалідам та людям похилого віку. Вони підлягають евакуації в першу чергу.

8. Залишаючи приміщення (квартиру, будинок) вимкніть джерела електро-, водо- і газопостачання, візьміть підготовлені речі, одягніть засоби захисту.

9. Виходьте із зони хімічного зараження в бік, перпендикулярний напрямку вітру та обходьте тунелі, яри, лощини - в низинах може бути висока концентрація СДОР.

10. При підозрі на ураження СДОР уникайте будь-яких фізичних навантажень, необхідно пити велику кількість рідини (чай, молоко, сік, вода) та звернутися до медичного закладу.

11. Вийшовши із зони зараження, зніміть верхній одяг, ретельно вимийте очі, ніс та рот, по можливості прийміть душ.

12. З прибуттям на нове місце перебування, дізнайтеся у місцевих органів державної влади та місцевого самоврядування адреси організацій, що відповідають за надання допомоги потерпілому населенню.

Надання першої допомоги при ураженні СДОР

В першу чергу негайно захистіть органи дихання від подальшої дії СДОР. Надягніть на потерпілого протигаз або ватно-марлеву пов'язку, попередньо змочивши її водою або 2% розчином питної соди у випадку отруєння хлором, а у разі отруєння аміаком - водою або 5% розчином

лимонної кислоти. Винесіть потерпілого із зони зараження та забезпечте йому спокій і тепло.

Радіаційна небезпека. Факторами небезпеки радіації є: забруднення навколишнього середовища, небезпека для всього живого, що опинилося на забрудненій місцевості (загибель людей, тварин, знищення посівів та ін.), крім того, внаслідок можливого атомного вибуху виникнення сильних руйнувань на значній території.

Дії у випадку загрози виникнення радіаційної небезпеки:

1. При оголошенні небезпечного стану не панікуйте, слухайте повідомлення.

2. Попередьте сусідів, надайте допомогу інвалідам, дітям та людям похилого віку.

3. Дізнайтеся про час та місце збору мешканців для евакуації.

4. Уменшіть проникнення радіаційних речовин в квартиру (будинок): щільно закрийте вікна та двері, щілини заклейте.

5. Підготуйтеся до можливої евакуації: упакуйте у герметичні пакети та складіть у валізу документи, цінності та гроші, предмети першої необхідності, ліки, мінімум білизни та одягу, запас консервованих продуктів на 2-3 доби, питну воду. Підготуйте найпростіші засоби санітарної обробки (мильний розчин).

6. Перед виходом з приміщення від'єднайте всі споживачі електричного струму від електромережі, вимкніть газ та воду.

Дії у випадку раптового виникнення радіаційної небезпеки:

1. З одержанням повідомлення про радіаційну небезпеку негайно укрийтеся в будинку. Стіни дерев'яного будинку послаблюють іонізуюче випромінювання в 2 рази, цегляного - у 10 разів; заглиблені укриття (підвали): з покриттям із дерева у 7 разів, з покриттям із цегли або бетону - у 40-100 разів.

2. Уникайте паніки. Слухайте повідомлення органів влади з питань надзвичайних ситуацій.

3. Уменшіть можливість проникнення радіаційних речовин в приміщення.

4. Проведіть йодну профілактику. Йодистий калій вживати після їжі разом з чаєм, соком або водою 1 раз на день протягом 7 діб: дітям до двох років - по 0,040 г на один прийом; дітям від двох років та дорослим - по 0,125 г на один прийом. Водно-спиртовий розчин йоду приймати після їжі 3 рази на день протягом 7 діб: дітям до двох років - по 1-2 краплі 5% настоянки на 100мл молока або годувальної суміші; дітям від двох років та дорослим - по 3-5 крапель на стакан молока або води. Наносити на поверхню кінцівок рук настоянку йоду у вигляді сітки 1 раз на день протягом 7 діб.

5. Уточніть місце початку евакуації. Попередьте сусідів, допоможіть дітям, інвалідам та людям похилого віку. Вони підлягають евакуації в першу чергу.

6. Швидко зберіть необхідні документи, цінності, ліки, продукти, запас питної води, найпростіші засоби санітарної обробки та інші необхідні вам речі у герметичну валізу.

7. По можливості негайно залишіть зону радіоактивного забруднення.

8. Перед виходом з будинку вимкніть джерела електро-, водо- і газопостачання, візьміть підготовлені речі, одягніть протигаз (респіратор, ватно-марлеву пов'язку), верхній одяг (плащ, пальто, накидка), гумові чоботи.

9. З прибуттям на нове місце перебування, проведіть дезактивацію засобів захисту, одягу, взуття та санітарну обробку шкіри на спеціально обладнаному пункті або ж самостійно (зняти верхній одяг, ставши спиною проти вітру, витрясти його; повісити одяг на перекладину, віником або щіткою змести з нього радіоактивний пил та вимити водою; обробити відкриті ділянки шкіри водою. Для обробки шкіри можна використовувати марлю чи просто рушники.

10. Дізнайтеся у місцевих органів державної влади адреси організацій, що відповідають за надання допомоги потерпілому населенню.

Повінь, паводок. Фактори небезпеки повеней та паводків: руйнування будинків та будівель, мостів; розмив залізничних та автомобільних шляхів; аварії на інженерних мережах; знищення посівів; жертви серед населення та загибель тварин.

Внаслідок повені, паводку починається просідання будинків та землі, виникають зсуви та обвали.

Дії у випадку загрози виникнення повені, паводка:

1. Уважно слухайте інформацію про надзвичайну ситуацію та інструкції про порядок дій, не користуйтеся без потреби телефоном, щоб він був вільним для зв'язку з вами.

2. Зберігайте спокій, попередьте сусідів, надайте допомогу інвалідам, дітям та людям похилого віку.

3. Дізнайтеся у місцевих органах державної влади та місцевого самоврядування місце збору мешканців для евакуації та готуйтеся до неї.

4. Підготуйте документи, одяг, найбільш необхідні речі, запас продуктів харчування на декілька днів, медикаменти. Складіть все у валізу. Документи зберігайте у водонепроникному пакеті.

5. Від'єднайте всі споживачі електричного струму від електромережі, вимкніть газ.

6. Перенесіть більш цінні речі та продовольство на верхні поверхи або підніміть на верхні полиці.

7. Переженіть худобу на підвищену місцевість.

Пожежа. Щорічно внаслідок пожеж гине та страждає значна кількість людей. В дим та попіл перетворюються цінності на мільярди гривень.

Якщо виникла пожежа - рахунок часу йде на секунди. Не панікуйте та остерігайтеся: високої температури, задимленості та загазованості, обвалу конструкцій будинків і споруд, вибухів технологічного обладнання і приладів, падіння обгорілих дерев і провалів. Знайте, де знаходяться засоби пожежогасіння, та вмійте ними користуватися.

Заходи щодо рятування потерпілих з будинків, які горять, та під час гасіння пожежі:

1. Перед тим, як увійти в приміщення, що горить, накрийтеся мокрою ковдрою, будь-яким одягом чи щільною тканиною.
2. Відкривайте обережно двері в задимлене приміщення, щоб уникнути посилення пожежі від великого притоку свіжого повітря.
3. В сильно задимленому приміщенні рухайтесь поповзом або пригинаючись.
4. Для захисту від чадного газу необхідно дихати через зволожену тканину.
5. У першу чергу рятуйте дітей, інвалідів та старих людей.
6. Пам'ятайте, що маленькі діти від страху часто ховаються під ліжку, в шафу та забиваються у куток.
7. Виходити із осередку пожежі необхідно в той бік, звідки віє вітер.
8. Побачивши людину, на якій горить одяг, зваліть її на землю та швидко накиньте будь-яку ковдру чи покривало (бажано зволожену) і щільно притисніть до тіла, при необхідності, викличте медичну допомогу.
9. Якщо загорівся ваш одяг, падайте на землю і перевертайтеся, щоб збити полум'я, ні в якому разі не біжіть - це ще більше роздуває вогонь.
10. Під час гасіння пожежі використовуйте вогнегасники, пожежні гідранти, воду, пісок, землю, кошму та інші засоби гасіння вогню.
11. Бензин, гас, органічні масла та розчинники, що загорілися, гасить тільки за допомогою пристосованих видів вогнегасників, засипайте піском або ґрунтом, а якщо осередок пожежі невеликий, накрийте його азбестовим чи брезентовим покривалом, зволоженою тканиною чи одягом.
12. Якщо горить електричне обладнання або проводка, вимкніть рубильник або електричні пробки, а потім починайте гасити вогонь.

7.2.2 Режим зони надзвичайної екологічної ситуації

Режим зони надзвичайної екологічної ситуації - це особливий правовий режим, який може тимчасово запроваджуватися в окремих місцевостях у разі виникнення надзвичайних екологічних ситуацій і спрямовується для попередження людських і матеріальних витрат, відвернення загрози життю і здоров'ю громадян, а також усунення негативних наслідків надзвичайної екологічної ситуації.

Запровадження відповідного правового режиму передбачає виділення державою (або органами місцевого самоврядування) додаткових фінансових та інших матеріальних ресурсів, достатніх для нормалізації екологічного стану і відшкодування завданих збитків, запровадження спеціального режиму поставок продукції для державних потреб, реалізації комплексних та цільових програм громадських робіт.

Законодавство про зону надзвичайної екологічної ситуації становлять:

- Закон України від 25 червня 1991 року "Про охорону навколишнього природного середовища";
- від 14 грудня 1999 року "Про аварійно-рятувальні служби";
- від 16 березня 2000 року "Про правовий режим надзвичайного стану";
- від 13 липня 2000 року "Про зону надзвичайної екологічної ситуації";
- а також прийняті відповідно до них нормативно-правові акти.

Підставами для оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації можуть бути:

- значне перевищення гранично допустимих норм показників якості навколишнього природного середовища, визначених законодавством;
- виникнення реальної загрози життю та здоров'ю великої кількості людей або заподіяння значної матеріальної шкоди юридичним, фізичним особам чи навколишньому природному середовищу внаслідок надмірного забруднення навколишнього природного середовища, руйнівного впливу стихійних сил природи чи інших факторів;

- негативні зміни, які сталися у навколишньому природному середовищі на значній території і які неможливо усунути без застосування надзвичайних заходів з боку держави, або які суттєво обмежують чи виключають можливість проживання населення і провадження господарської діяльності на відповідній території;

- значне збільшення рівня захворюваності населення внаслідок негативних змін у навколишньому природному середовищі. Окрема місцевість України оголошується зоною надзвичайної екологічної ситуації Указом Президента України, затвердженим Верховною Радою України за пропозицією Ради національної безпеки і оборони України або за поданням Кабінету Міністрів України.

В такому Указі Президента України має бути зазначено:

- обставини, що стали причиною та обґрунтуванням необхідності оголошення окремої місцевості зоною надзвичайної екологічної ситуації;

- межі території, на якій вона оголошується;

- заходи щодо організаційного, фінансового та матеріально-технічного забезпечення життєдіяльності населення в такій зоні;

- основні заходи, що запроваджуються для подолання наслідків надзвичайної екологічної ситуації;

- обмеження на певні види діяльності в цій зоні;

- час, з якого окрема місцевість оголошується зоною надзвичайної екологічної ситуації;

- строк, на який ця територія оголошується такою зоною.

За наявності достатніх підстав у межах зони надзвичайної екологічної ситуації може бути введений правовий режим надзвичайного стану в порядку, встановленому відповідним законом із запровадженням додаткових заходів.

Юридичні та фізичні особи, винні у порушенні правового режиму в зоні надзвичайної екологічної ситуації, несуть відповідальність згідно з законами України.

7.2.3 Долікарська допомога при шоку

Травматичний шок — складний патогенний процес, що виникає внаслідок важкої механічної травми, опіку і характеризується порушенням функцій життєво важливих органів та систем організму.

При комбінованих хімічно-радіаційних ушкодженнях, опіках тканин і органів травматичний шок спостерігається у 30% потерпілих.

В генезі травматичного шоку першочергову роль відіграють такі чинники: втрата крові і біль, розлад дихання, порушення процесів метаболізму, інтоксикація організму недоокисненими продуктами обміну речовин внаслідок руйнування тканин.

Чинники, які сприяють розвитку шоку запізнілі і неповноцінне надання долікарської допомоги, вторинна травматизація в процесі транспортування в лікарню, повторна втрата крові, переохолодження або перегрівання, фізично-емоційне перенапруження, стреси, тривале недоїдання та зневоднення організму тощо.

При пораненнях зміни виникають у підкіркових утвореннях великого мозку та в системі периферійного кровообігу (перерозподіл крові, яка забезпечує життєдіяльність органів, передусім серця і мозку). Розвиваються циркулярна гіпотонія, спазм посткапілярних венул (випотіває плазма в позаклітинний простір), набряк і згущення крові. Знижується венозний тиск, слабнуть нирки, печінка, легені, відбувається тромбоутворення, розвиток незворотних змін в органах.

Травма кишечника призводить до інтоксикації організму, ускладнюється стан пораненого, спостерігається розлад дихання і кровообігу. Порушується функція нервової системи. Шок має дві фази: еретильну і торпедну.

Еретильна фаза шоку супроводжується збудженням, надмірною рухливістю. Мова уривчаста, погляд неспокійний, шкірний покрив блідий, іноді виникає гіперемія (різке потовиділення), пульс відхилений від норми — сповільнений або прискорений (100 пульсацій за 1 хвилину). Дихання часте, поверхневе.

Торпідна фаза шоку — фаза пригнічення. Розрізняють 4 ступеня:

I ступінь (легка форма шоку). Це результат ізольованих уражень середньої важкості та втрати 500 — 1000 мл. крові, стан помірного психічного гальмування, блідий шкірний покрив, артеріальний тиск 100 — 95 мм. рт. ст. Прогноз сприятливий.

II ступінь — середня важкість шоку, численні ушкодження тіла, втрата крові до 1000 — 1500 мл, стан важкий, хоч орієнтація і свідомість не втрачені, шкіра бліда, губи ціанотичні, психічна загальмованість, пульс — 110 — 130 пульсацій за 1 хвилину, тиск — 90 — 75 мм рт. ст., нестійкий, прогноз сприятливий при проведенні протишокової терапії.

III ступінь — важкий шок, виникає при важких ушкодженнях грудної клітки, черевної порожнини. Крововтрата — 2000 мл., стан важкий, виражена психічна загальмованість, іноді ступор. Шкіра бліда, ціанотична, пітніє, слизові оболонки сухі, гіпотермія, гіподинамія, зниження сухожильних рефлексів, розлад у роботі нирок, сечовиділення, пульс — 120-160 пульсацій за 1 хвилину, тиск — 75 мм рт. ст., дихання поверхневе, без протишовкових заходів прогноз несприятливий.

VI ступінь — термітний стан (передагональний, агональний та клінічна смерть) вкрай важкий для потерпілого. Втрата свідомості, шкіра холодна, трупна, ціанотична, вкрита липким холодним потом, зіниці розширені, не реагують на світло, пульс не промацується, крайній ступінь шоку веде до клінічної смерті.

Діагностика шоку ґрунтується на визначенні показників, які характеризують загальний стан потерпілого. Найважливіший показник - рівень артеріального тиску. Чим він нижчий, тим глибший розлад функцій організму, його життєдіяльності. Величина крововтрати - найоб'єктивніший показник ступеня важкості шоку.

Перебіг клінічного шоку залежно від локалізації поранення чи опіку має такі особливості: проникаючі поранення черевної порожнини до 80% спричиняють шок; проникаючі поранення грудної клітки зумовлюють

гемоторакс, відкритий пневмоторакс. При пораненнях і ушкодженнях тазу — кровотеча до 2,5 л. При ушкодженнях кінцівок — крововтрата до 2 л., біль, інтоксикація.

Профілактична і долікарська допомога при шоку.

Під час шоку усувають дію травмуючих чинників і чинників розвитку шоку, зупиняють кровотечу, перев'язують рани, усувають загрозу асфіксії; вводять 5-подібну трубку (повітропровід); при порушенні зовнішнього дихання в долікарську допомогу входить очищення порожнини рота і носоглотки, усунення западання язика, відновлення прохідності дихальних шляхів; при пневмотораксі накладається пов'язка; проводиться інгаляція киснем, зупинення зовнішньої кровотечі; вводяться серцево-судинні й аналектичні засоби (виконує фельдшер); здійснюється фіксація кінцівок. Ввівши повторно знеболювальні засоби, дають гарячий чай та інші напої.

У разі стихійного лиха, аварій, коли має місце масове надходження потерпілих, їх медично сортують.

В першу чергу виділяють поранених з важким ступенем шоку: 1-га, 2-га група — поранені в стані шоку 1 — 2 год., їм надають протишокову допомогу, тоді оперують; до 3-ї групи належать поранені з ознаками шоку, яких можна прооперувати трохи пізніше. В першу чергу зупиняють кровотечу, компенсують крововтрати, потім нормалізують об'єм циркулюючої крові. Гостра крововтрата (50%) веде до смерті.

Кожна велика втрата крові (зниження тиску до 80 — 70 мм рт. ст.) мусить бути негайно компенсована шляхом переливання крові у вени потерпілого (визначають групу крові, резус-фактор донора і реципієнта) можна робити інфузію плазми крові, поліглюкін тощо.

Розрідження крові при введенні кровозамінників сприяє поліпшенню капілярного кровотоку.

Крововтрата організмом до 700 мл. компенсується самостійно, за рахунок інфузії плазми крові, введення сольових багатокomпонентних розчинів. Рівень гемоглобіну має бути 65%.

При кисневому голодуванні організму проводять оксигенотерапію. При зупиненні дихання — штучне дихання «з рота до рота». При порушенні функцій печінки і нирок вводять 500 мл. глюкози 1 раз на добу з інсуліном (1 ОД. інсуліну на 5 г глюкози).

Температура повітря в протишоковій палаті — 20 — 24°C.

Потерпілому дають гарячий чай, каву, нагріте вино, закутують ковдрою.

Синдром тривалого стискання тканин буває внаслідок землетрусів, коли люди опиняються під уламками споруд і будинків. У потерпілих поряд з переломами, опіками, може спостерігатися синдром тривалого стискання тканин, зокрема тканин верхніх і нижніх кінцівок. При розтрощенні і розчавлюванні тканин різко погіршується кровообіг у м'язах, виникають анемія, гіпонія тканин, інтоксикація, нервово-рефлекторний розлад, спазми капілярів, артерій, гостра серцево-судинна недостатність, набряки. Плазма крові пропотіває в міжклітинний простір (об'єм циркулюючої плазми зменшується на 50%), знижується артеріальний тиск, може настати гостра ниркова недостатність і порушення сечовиділення.

Синдром тривалого стискання тканин характеризується трьома періодами:

1-й — ранній — набряки тканин і гострий розлад гемодинаміки, триває 1—3 доби.

2-й — проміжний період — гостра ниркова недостатність, від 5 діб до 1,5 місяців.

3-й — пізній період — гангрена, флегмони, абсцеси.

Кінцівка потерпілого набрякає, шкіра багряно-синя, іноді пухирі з бурштиново-жовтою рідиною, пульсація послаблена або відсутня, чутливість шкіри знижена або втрачена. Згущення крові. Погіршується загальний стан організму. Холодний піт на шкірі, різкий біль на місці травми, нудота і блювання. Пульс - 100—120 пульсацій за 1 хв., тиск — 60 мм рт. ст. Сеча червоного кольору. Тип клініки торпідної фази травматичного шоку. Наростає загальна інтоксикація організму, спостерігається гостра ниркова

недостатність, іноді гангрена кінцівки, абсцеси і флегмони, може виникнути атрофія м'язів. Ускладнюється рухливість суглобів, пошкоджуються нервові стовбури.

Існують 4 ступені прояву синдрому стискання:

I ступінь — дуже важкий — стискання м'яких тканин або кінцівок протягом 6 — 8 год., потерпілі, як правило, гинуть через 2 — 3 доби;

II ступінь — важкий — стискання рук чи ніг протягом 4 — 7 год., потерпілі можуть загинути;

III ступінь — середньої важкості — стискання рук чи ніг до 6 год., лікування до 3 місяців;

IV ступінь — легкий — стискання рук чи ніг до 2 год. Порушення помірні. Прогноз сприятливий.

Перша медична і долікарняна допомога.

Звільнення від стискання є початком клінічного прояву синдрому стискання тканин. Коли дві кінцівки зазнали стискання (компресія) протягом 8 год., при наявності переломів обов'язкова ампутація. Накладається джгут (вище від місця стискання). Вводяться знеболюючі, антигістамічні та серцево-судинні препарати, призначаються антибіотики, проводять правцеве щеплення.

РОЗДІЛ 8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

В наш час вплив на природу антропогенних факторів різко зріс. Внаслідок цього відновлюваний потенціал природи став меншим, що викликало початок необоротної зміни навколишнього середовища. Зацікавлення наукою про довкілля є результатом поглиблення кризи навколишнього середовища. Криза виникла в результаті діяльності людини. В цих умовах зростає увага до наук, що вивчають довкілля, його структуру і взаємозв'язки.

Взаємодія виробничо-господарських та природних процесів привела до порушення взаємних зв'язків між елементами живої та неживої природи. Високий рівень концентрації промисловості і сільського господарства, непродумана, екологічно необґрунтована господарська діяльність керівних структур привела до того, що Україна стала належати до числа країн неблагополучних в екологічному відношенні. Україна перенасичена хімічними, металургійними, гірничорудними виробництвами із застарілими технологіями. Великої гостроти набула проблема радіоактивних відходів.

8.2 Забруднення довкілля, що виникають в результаті виготовлення пуско-регулюючих приладів

До забруднень довкілля відносяться:

-Викиди в атмосферу забруднюючих речовин при виконанні базових отворів на платі свердлильними верстатами (виділяється велика кількість пилу, текстоліт і гетинакс виділяє при контакті з розжареним свердлом токсичні речовини).

- Різні енергетичні забруднення: шум, вібрації, електромагнітні поля.

Їх створюють механізми для розкрюювання плат (преси, механічні ножиці, свердлувальні верстати). Шум виникає при механічних коливаннях в твердих, рідких і газоподібних середовищах. Шумом є різні звуки, що заважають нормальній діяльності людини.

- Скиди забруднюючих речовин безпосередньо у водний об'єкт (стічні води).

- Викиди в навколишнє середовище токсичних речовин при паянні або лудженні.

Олов'яно-свинцеві малосурм'яністі припої - металеві сплави, які складаються з олова 61-18 %, сурми до 0,5 %, а решта - свинець. Ці складові залежать від марки припою.

У процесі пайки або лудження цими припоями в повітря робочої зони виділяються токсичні випари свинцю та сурми.

Свинець є однією з небезпечних складових цих припоїв. Він має властивість проникати і накопичуватися в організмі людини при вдиханні забрудненого його випарами повітря, з водою та їжею і практично не виводиться з організму.

Своєю дією на організм людини свинець може призвести до ураження нервової системи, крові, судин і в тяжких випадках - отруєння.

Гранично допустима концентрація аерозольних випарів свинцю у повітрі робочої зони 0,01 мг/м . Другим небезпечним чинником припоїв є сурма. Вдихання аерозолів сурми спричиняє подразнення органів дихання, травлення, слизових оболонок очей. Може викликати алергічні захворювання шкірного покриву людини. Тривала дія аерозолу сурми на організм людини може спричинити хворобу легенів - антимоніоз, не прогресуючий після переривання контакту з аерозолем. Сурма своєю дією на організм людини уражає нервову систему, порушує обмінні процеси.

Гранично допустима концентрація аерозолів сурми в повітрі робочої зони 0,5 мг/м.

- Викиди в навколишнє середовище шкідливих речовин під час

склеювання деталей і вузлів.

Підготовку поверхні елементів до склеювання проводять за допомогою механічної або хімічної обробки. Найбільш часто при склеюванні деталей використовують клеї на основі фенолформальдегідних, кремнійорганічних та епоксидних смол. Фенолформальдегідні смоляні клеї вогнебезпечні, виділяють пари фенолу, формальдегіду, розчинників, пил також токсична (містить фенол); при роботі з клеєм можливе захворювання шкіри рук, подразнення дихальних шляхів, розлад травлення. Гранично допустима концентрація фенолу – $0,3 \text{ мг / м}^3$; формальдегіду - $0,5 \text{ мг / м}^3$.

Кремнійорганічний клей являє собою розчин кремнійорганічних смол в органічних розчинниках, таких як толуол, який є токсичним, діє на кров, кровотворні органи і центральну нервову систему. До цієї групи клеїв відноситься клей КТ-17. Шкідливими є клеї БФ, БФ-2, БФ-4, що складаються з спиртового розчину фенольних і полівінілової смол; термопренового клей; представляє собою натуральний каучук, розчинений у бензині; перхлорвінілової - розчин перхлорвінілової смоли в діхлоритані і багато інших.

При виробництві радіоелектронної апаратури застосовується велика кількість деталей з ізоляційних матеріалів. Деталі виготовляються механічно (різкою), при цьому виділяється велика кількість пилу і продуктів розкладання матеріалів у газоподібній формі. При дії пилу і газів можуть з'явитися профзахворювання. Крім того, при обробці матеріалів можливі механічні травми (порізи, удари).

В результаті виготовлення друкованих плат, корпусів в навколишнє середовище викидається безліч шкідливих речовин.

У процесі зачистки, обдування і шліфування може виділятися багато пилу та інших аерозолів, несприятливо впливають на організм працюючих.

8.3 Заходи щодо зменшення забруднення довкілля

В області захисту навколишнього середовища щодо зменшення забруднення в результаті виготовлення друкованих плат, можна виділити інженерно – технічний напрям.

Інженерно - технічний напрям – ставить перед виробничо-екологічною безпекою завдання неухильного підвищення ефективності інженерно - технічних заходів по охороні природи: широким впровадженням безвідходних і маловідхідних технологій, комбінованих виробництв, що забезпечують комплексне використання природних ресурсів, сировини і матеріалів. Особлива увага повинна приділятися охороні водних ресурсів, атмосферного повітря, надр, а також розробки засобів їх захисту.

Для усунення шкідливих виділень при роботі з клеями, при виготовленні виробів із пластмаси ділянки механічної обробки необхідно ізолювати від інших ділянок цеху, для видалення пилу безпосередньо із зони [дихання](#), [верстати](#) повинні обладнуватися місцевою витяжною [вентиляцією](#) на робочому місці.

Місцева витяжна вентиляція здійснюється за допомогою місцевих витяжних зонтів, всмоктуючих панелей, витяжних шаф, бортових відсмоктувачів.

Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громадкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом.

Для очищення стічних вод від хімічних речовин використовується фізико-хімічний метод, який базується на зміні фізичного стану забруднювачів і включає флотаційні, екстракційні, електрохімічні (даний спосіб очистки стічної води має ряд переваг перед іншими: малий об'єм очистки споруд, простота експлуатації внаслідок високої степені автоматизації

електрохімічних процесів) методи. Як результат, одержується нетоксичні або менш токсичні сполуки. Розчинні у воді сполуки перетворюються у нерозчинні і легко відокремлюються, кислі й лужні стоки нейтралізуються. Після очистки вода скидається у водойми або каналізацію.

Найбільш ефективними заходами, які попереджують [професійні захворювання](#) при пайці, є [механізація](#) і автоматизація паяльних робіт, впровадження нових технологічних [процесів](#): лудження методом занурення, виборча [пайка](#) і [пайка](#) хвилею припою (із застосуванням друкованого монтажу), що дозволяє повністю виключити зіткнення шкіри працюють зі свинцем і флюсами .

Для запобігання забрудненню навколишнього середовища слід направляти зусилля на використання процесів, матеріалів, практичних прийомів або продукції так, щоб уникати, скорочувати або регулювати викиди, скидання, утворення входів, застосовуючи для цього весь арсенал сучасних досягнень: зміни у виробничому процесі, в механізмах управління, ефективне ресурсовикористання і заміну матеріалів, очищення відходів і вторинне використання матеріалів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи отримано наступні результати.

Проведено аналіз стану проблеми проектування пуско-регулюючих пристроїв лампам денного світла. Розглянуто класифікацію схем пуско-регулюючих пристроїв, та встановлено, що найкращими параметрами та режимами роботи володіють електронні пуско-регулюючі пристрої. При цьому, актуальним є питання розроблення ефективних для роботи в усталених, перехідних та аномальних режимах пуско-регулюючих пристроїв.

Розглянуто методи розрахунку режимів роботи електронних ПРП, та встановлено, що цим методам притаманні переваги і недоліки. Тому актуальним є вибір оптимального методу розрахунку режимів роботи ПРП ламп денного світла.

Проаналізовано електронний ПРП як джерело електромагнітних завад та обґрунтовано актуальність задачі забезпечення електромагнітної сумісності електронних ПРП. Проведено оцінювання типів та джерел завад, які можуть виникати в окремих вузлах та на окремих елементах електронних ПРП шляхом порівняння його із структурою одноканальних імпульсних блоків живлення.

Встановлено, що основна маса високочастотних завад в електронному ПРП виникає під час проходження процесів комутації силового транзисторного ключа. При змінах величини струмів та напруг на цьому елементі виникають кондуктивні завади та ЕМ завади, що випромінюються у відкритий простір. Реактивні елементи кола, які виконують функції накопичення енергії електричного чи електромагнітного поля, також стають джерелами високочастотних завад.

Виокремлено шляхи підвищення ефективності електронних ПРП, зокрема із застосуванням коректорів коефіцієнта потужності та автоматизації процесу проектування самого ПРП.

Показано, що максимальна ефективність може бути досягнута за умови оптимальності усіх прийнятих рішень. Тому, оптимізувати процес проектування можна шляхом його автоматизації.

Проаналізовано деякі програмні продукти, які можуть застосовуватись для автоматизації процесу проектування електронних ПРП ЛДС. При цьому встановлено, що такі продукти придатні для схемо-технічного проектування із застосуванням шаблонів і типових схемних рішень, однак не враховують конструктивних параметрів кінцевого вироду. При цьому застосовуються методи оцінювання усталеного режиму роботи лампи та самого ПРП і не враховуються особливості перехідних та аномальних режимів.

Врахування зазначених факторів і забезпечить оптимізацію процесу проектування ЕПРП ЛДС та отримання максимальної їхньої ефективності.

Бібліографія

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. / Б.Ю. Семенов. – М.:СОЛОН Р, 2001. – 321с.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%8E%D0%BC%D0%B8-%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%BF%D0%B0.
3. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. / Б.Ю. Семенов. – М.:СОЛОН-Пресс, 2005. – 416 с.
4. <https://uk.roskanat.info/1808-wiring-fluorescent-lamps-connect-the-fluorescent-lam.html>.
3. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / ГОСТ 13109-97
4. ДСТУ ІЕС 60050-161-2003 Словник електротехнічних термінів. Частина 161. Електромагнітна сумісність (ІЕС 60050-161:1990, ІДТ)
5. Електромагнітна сумісність у системах електропостачання: Підручник / І. В. Жежеленко, А. К. Шидловський, Г. Г. Півняк, Ю. Л. Саєнко.-Д, Нац. гірнич. ун-т, 2009.-319 с.: іл.
6. https://uk.wikipedia.org/wiki/Електромагнітна_сумісність
7. ДСТУ ІЕС/TR 61000-2-3:2008 Електромагнітна сумісність. Частина 2. Електромагнітне оточення та обстановка. Секція 3. Опис електромагнітного оточення та обстановки. Випромінюванні та кондуктивні завади, не пов'язані з частотою електромережі (ІЕС/TR 61000-2-3:1992, ІДТ)
8. Горобец А.И. Спррвочник по конструированию радиоэлектронной аппаратуры (печатные узлы) / А.И. Горобец, А.И. Степаненко, В.М. Коронкевич. – К.: Техніка,1985. – 312 с.

9. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : Учебник для вузов / К.И. Билибин, А.И. Власов, Л.В. Журавлева и др. ; Под ред. В.А. Шахнова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 528 с.
10. Импульсные устройства: Учеб. Пособие для вузов по спец. “Радиотехника”. - 3-е изд., перераб. и доп, - М.: Высш, шк., 1989. - 527с.
11. Корректор коэффициента мощности (ККМ) / <http://bourabai.kz/toe/source14.htm>
12. [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Коэффициент мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_мощности)
13. Корректор коэффициента мощности / <http://www.spwr.by/stati/korrektor-koeffitsienta-moschnosti.html>
14. Твердов И. Выбор и расчет фильтров радиопомех на основе унифицированных дросселей предприятия АЭИЭП – КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ, № 11 '2013. – с. 26-28.
15. С. Робертс. Фильтрация шумов, пульсаций и электромагнитных помех на входе и выходе DC/DC преобразователей / Steve Roberts. DC/DC Converter Filtering. – Recom Presentation, 2007. – с.41-44.
16. Теоретические основы электротехники. В 3т. Т.2 / К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. СПб., 2006.
17. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи / Л.А. Бессонов. М., 2006.
18. Матханов П.Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. – М.: Высш. шк., 1981.
19. Беляцкий А.Ф. Теория линейных электрических цепей. – М.: Радиосвязь, 1986.
20. Сусман А., Кауфман М. Прпктическое руководство по расчетам схем в электронике. Т.1. Спррвочник. –М.: Энергоатомиздат, 1991.
21. Лазарев Ю. Начала программирования в среде Matlab : учеб пособ. // Ю. Лазарев. – Киев – НТУУ “КПИ”, 2003. – 425 с.
22. Ануфриев И.Е. МАТЛАВ 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.

ДОДАТКИ

УДК 621.311.6

О. Голояд, А. Шурхай, І. Дедів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ
ПОСТІЙНОГО СТРУМУ**

UDC 621.311.6

O. Goloyad, A. Shurhai, I. Dediw

(Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine)

INCREASING THE EFFICIENCY OF PULSE CONVERTERS

Інтенсифікація сучасного виробництва є неможливою без прискореного розвитку приладобудування, обчислюваної техніки, радіотехніки. Катализатором розвитку цих галузей є розвиток електроніки і мікроелектроніки. Особлива роль в розвитку радіоелектроніки належить джерелам живлення – пристроям, які забезпечують електронні пристрої електричною енергією для їх живлення. Особлива увага приділяється вторинним джерелам електроживлення.

В зв'язку з надзвичайно широкою областю використання джерел живлення існує велика різноманітність їх типів. По принципу роботи джерела живлення можуть бути гальванічними, електричними, термоелектричними, механічними, п'єзоелектричними, комбінованими.

Класичним вторинним джерелом живлення є трансформаторний. У загальному випадку він складається з понижуючого трансформатора або автотрансформатора, у якого первинна обмотка розрахована на мережеву напругу. Потім встановлюється випрямляч, що перетворює змінну напругу в постійну. У більшості випадків випрямляч складається з одного діода (однопівперіодний випрямляч) або чотирьох діодів, що утворюють діодний міст (двохпівперіодний випрямляч). Іноді використовуються й інші схеми, наприклад, в випрямлячах з подвоєнням напруги. Після випрямляча встановлюється фільтр, що згладжує коливання (пульсації). Зазвичай він являє собою просто конденсатор великої ємності.

Особливу роль відіграють вторинні джерела живлення з перетворенням напруги – імпульсні перетворювачі постійного струму. Це дає можливість споживачу значно зменшити габаритні розміри джерела живлення, знизити рівень пульсації вихідної напруги із-за підвищення частоти, яка поступає на вхід випрямляча. Однак існує застаріла класифікація та рекомендації щодо вибору структури та схеми-технічних рішень побудови імпульсних перетворювачів постійного струму, зокрема і потужних, внаслідок чого зменшується їх ефективність, що визначається оптимальним співвідношенням показників якості роботи джерела живлення із економічними показниками його собівартості.

Тому обґрунтування принципів побудови імпульсних перетворювачів постійного струму, зокрема потужних, для підвищення їх ефективності із паралельним забезпеченням оптимальної складності та собівартості є актуальною задачею.

Література

1. Импульсные источники питания. Теоретические основы проектирования и руководство по практическому применению / Мэк Р. / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008 – 272 с.
2. Источники питания. Расчет и конструирование / Браун М. / Пер. с англ. – К.: «МК-Пресс», 2007 – 288 с.
3. Семенов Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. – М.: СОЛОН Р, 2001. – 321 с.
4. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры / Березин О. К., Костиков В. Г., Шахнов В. А. – М.: «Три Л», 2000. – 400 с.