

ДАТА ЗВІТУ: 2019-12-10 15:23:11

ЗАГОЛОВОК:

Shurhai_A_I_RRm-61.doc

АВТОР:

Шурхай Анатолій Іванович

ПІДРОЗДІЛ:

кафедра радіотехнічних систем

КІЛЬКІСТЬ ПЕРЕВІРОК ДОКУМЕНТА:

5

ПРОПУЩЕНІ ВЕБ-СТОРІНКИ:**НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:**

Дедів Ірина Юріївна

ДАТА ЗАВАНТАЖЕННЯ ФАЙЛУ:

2019-12-10 15:20:16

Рівень запозичень

Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.

**Тривога**

У цьому розділі Ви можете знайти інформацію щодо модифікації тексту, яка може бути спрямована на зміну результатів аналізу. Невидимі для особи, яка оцінює вміст документа у роздруковці чи файлі, вони впливають на фрази, порівнювані під час аналізу тексту (викликаючи передбачувані помилки), щоб приховати запозичення, а також підробити значення у звіті про подібність. Слід оцінити, чи є модифікації навмисними чи ні.

Тривога кількість символів з інших алфавітів може означати спробу обману, уважно перевірте!	22
Інтервали кількість збільшених відстаней між літерами - будь ласка, перевірте, чи вони імітують пробіли, викликаючи приєднання слів до звіту	0
Мікропробіли кількість пробілів із нульовою довжиною - будь ласка, перевірте, чи вони розміщені всередині слів та спричинили поділ слів у тексті	0
Білий знаки кількість символів з білим кольором шрифту - будь ласка, перевірте, чи використовуються вони замість пробілів, викликаючи приєднання слова (у звіті колір літер змінено на чорний, щоб показати їх)	0

Активні списки запозичень

Прокручіть список та аналізуйте, особливо, фрагменти, які перевищують КП 2 (позначено жирним шрифтом). Скористайтеся посиланням "Позначити фрагмент" та перегляньте, чи є вони короткими фразами, розкиданими в документі (випадкові схожості), численними короткими фразами поруч з іншими (мозаїчний плагіат) або великими фрагментами без зазначення джерела (прямий плагіат).

10 найдовших фраз (0,00 %)

Десять найдовших фрагментів знайдений у всіх доступних ресурсах.

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	АВТОР	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ
НЕМАЄ ПОДІБНОСТЕЙ			

з бази даних RefBooks (0,00 %)

Всі фрагменти знаходяться в базі даних RefBooks, яка містить більше 3 мільйонів текстів від редакторів і авторів.

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	АВТОР	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (КІЛЬКІСТЬ ФРАГМЕНТІВ)
НЕМАЄ ПОДІБНОСТЕЙ			

з домашньої бази даних (0,00 %)

Всі фрагменти знайдений у внутрішній базі даних вашої установи.

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	АВТОР	ДАТА ІНДЕКСАЦІЇ	ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
НЕМАЄ ПОДІБНОСТЕЙ				

з програми обміну базами даних (0,00 %)

Всі фрагменти знайдений в базі даних інших установ.

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК НАЗВА БАЗИ ДАНИХ	АВТОР	ДАТА ІНДЕКСАЦІЇ	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (КІЛЬКІСТЬ ФРАГМЕНТІВ)
НЕМАЄ ПОДІБНОСТЕЙ				

з Інтернету (0,00 %)

Вміст пошуку - позначення запозичень:

Будь ласка, зверніть увагу на те, що система не дає остаточної оцінки. Якщо виникають підозри, Звіт Подібності повинен бути переданий на ретельний аналіз.

ЗМІСТ

- - База даних університету
- - Джерело Інтернет
- - База даних RefBooks
- - Цитати

Студент Шурхай Анатолій Іванович

Тема Методи підвищення ефективності пуско-регулюючих пристроїв люмінесцентних ламп

Керівник Дедів Ірина Юрївна

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 «триохсмугові» 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 XX 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 газів 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 височастотних 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 несуть 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 стабілізування струму живлення електродів ЛДС реалізується на основі застосування напівпровідникових елементів.

1.4 Електронні пуско-регулюючі пристрої

Директивою Європейської комісії No2000 / 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. Відрадно 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 ЕПРП, 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 ЕПРП 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 ЕПРП, що дозволяють управління потужністю світлового потоку. Наприклад, апарати серії EXCEL дозволяють управління потужністю ламп будь-яким з чотирьох способів: простим кнопковим включенням, за допомогою датчика освітленості, цифрових сигналів стандарту DSI і цифрового сигналу стандарту DALI.

Використання ЕПРП 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 ЕПРП

Електричні параметри ЕПРП різних фірм практично однакові:

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

Вітчизняні електронні ПРП

У лінійці ЕПРП 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 електронного ПРП

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 ПРП

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 розгорання 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 перезажорання 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 перезажорання 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 зниженні температури 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 ПРП

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. Для зазначеної схеми отримані вирази для діючих значень напруги на дроселі

(2.1)

де - кут втрат в дроселі, і для струму лампи

(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 застосовуватись лише для розрахунку кіл з лінійними електричними 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:

(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 шукують оригінали. Метод в основному застосовується для розрахунку кіл, диференціальне рівняння яких має порядок не більше другого.

Знаходження усталеного режиму здійснюється або методом припущання, 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 ламп

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:

(2.36)

Тут частковий коефіцієнт чутливості δ_{ij} враховує тільки безпосередній вплив збільшення параметра x_j

на приріст параметра u . 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 дезактивовані 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 розгорання лампи високого тиску. В цьому режимі форма напруги на лампі залишається приблизно трапецеївидною.

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 невірної 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 з опорною напругою і формує напругу, яка керує напругою джерела живлення. 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 (і т.д.) виражені в безрозмірній формі. Структурна схема містить такі блоки: лінійний підсилювач з коефіцієнтом підсилення K ; кероване джерело живлення з постійною часу 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:

(2.37)

У сталому режимі і . При невеликих відхиленнях від сталого значення напруги живлення:

(2.38)

струм лампи;

(2.39)

Або, переходячи до відносних величин,

(2.40)

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

при (2.41)

Для більшості люмінесцентних ламп постійна часу знаходиться в межах 100÷200 мкс.

Три блоки, які замінюють лампу, реалізуються рівнянням (2.40).

Переходячи до перетворень, перетворимо структурну схему до виду, показаного на рис. 2.3, при цьому врахуємо, що відносна величина .

Рис. 2.3. Перетворена структурна схема системи автоматичного регулювання

У ПРП з керованим джерелом напруги живлення основними збуреннями є нестабільності уставленої напруги на лампі і напруги джерела живлення . На рис. 2.3 ці збурення враховані напругою . Операторний коефіцієнт передачі замкнутої системи, що збурює напругу

У ланцюгах з лампою не пред'являється жорстких вимог до системи автоматичного регулювання. Так, при збуренні напруги, що відповідає зміні напруги джерела живлення або напруги 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 . Постійна часу керованого джерела живлення повинна бути менше (5÷7,5), 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 (аналогічно при стабілізації діючого струму або середньої потужності) для виділення середніх величин необхідно застосування фільтра нижніх частот, який в найпростішому випадку являє собою інерційну ланку з постійною часу. На рис. 2.11 приведена структурна схема системи автоматичного регулювання з розглянутим мостовим модулятором, в якій сигнал зворотного зв'язку керує тривалістю періоду.

Рис.2.11. 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 неперервної частини системи, аналіз такої системи можна проводити без урахування імпульсного елемента.

(2.50)

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. Решта збурень впливають на режим роботи лампи в меншій мірі;

Рис.2.12. Схема ПРП із мостовим модулятором і коригуючим дроселем.

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

3) зворотний зв'язок по амплітуді струму лампи забезпечує найбільшу статичну похибку середньої потужності лампи. Для такого ПРП коефіцієнт чутливості в сталому режимі $10 \div 15$. Для зниження статичної похибки доцільне введення додаткового зв'язку $7 \div 10$. Наявність такого зв'язку дозволяє істотно знизити статичну похибку по потужності лампи при зміні напруги живлення. Динамічні характеристики системи при цьому залишаються практично без зміни;

4) ПРП з мостовим модулятором можуть працювати тільки у вузькому діапазоні напруг 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 потрібно підтримувати пропорційною напрузі на лампі так, щоб зберігалось співвідношення.

Менш жорсткі обмеження на вибір напруги живлення вимагає схема ПРП, в якій послідовно з ЛДС включений коригувальний дросель L (рис. 2.12).

Розрахунок перехідних режимів при різкій зміні напруги джерела живлення показав, що модулятор з лампою і дроселем поводить себе 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 електронних ПРП

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 заземлюючому 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 схемотехнічних 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 схемотехнічного 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 ключі, 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 саїх 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 однотактного 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 IEC 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 нагруженого кола.

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 P_F , що визначається з формули:

(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 P_F менше одиниці. Погані навантаження з низьким P_F тим, що реактивну потужність не вдається використовувати для здійснення корисної роботи, але тим не менше вона споживається від джерела, що змушує збільшувати його повну віддану 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:

(3.2)

де - кут зсуву між фазами напруги і струму в навантаженні.

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

(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» не правильно. 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 живитися 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 IVD, 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 крайшому 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 P_F , 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 Cout і схеми управління коректором. Однак найбільше поширення в даному випадку отримує 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 управляє 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:

(3.4)

де, U - струм і напруга; v - швидкість переміщення корпусу; $\dot{\Phi}$ - швидкість зміни магнітного потоку; S - ентропія; F - сила; H - магніто-рушійна сила; T - температура; η - коефіцієнти перетворення енергії з одного виду в інший. Розглядаючи температуру 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 $U_1 = 50 \pm 200$ В частотою $f_1 = 50$ Гц і $U_2 = 2 \pm 20$ В частотою $f_2 = 1 \pm 10$ кГц звукова (акустична) потужність ПРП може бути розрахована за рівнянням

(3.5)

де K - коефіцієнт, що визначає електроакустичні властивості ПРП на частоті; S - гармонійна складова напруги на частоті.

Підсумовування в (3.5) ведеться по всіх частотах:

;;;; (3.6)

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

(3.7)

Акустичний коефіцієнт не є функцією f , 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 і 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 зміну шуму ПРП. Експериментально частоту коливань в один з напівперіодів горіння лампи можна змінити, наблизившись 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; викликають такі ж октавні рівні шуму ПРП, що і «середня» лампа, наведені в табл. 3.2.

Щоб можна було вимірювати шум ПРП з особливо низьким рівнем шуму, напруга шумового сигналу повинно бути більше наведених в табл. 3.2 значень, наприклад $U = 10$ В. Тоді з результатів вимірювання октавних рівнів звукової потужності необхідно відняти поправки. Похибка методу обмежена лише похибкою вимірювальних приладів.

При інших значеннях поправки можуть бути розраховані для кожної октавної смуги за формулою

(3.8)

Збільшення напруги 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 однотактних 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 ПРП

4.1 Аналіз засобів проектування електронних ПРП

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 відного 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 прикладаються 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 прийнятій 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 запропонованих 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. 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.

б) в)

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. Сперва 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 ЕПРП 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 повзунком, вибирають лампу однієї з показаних на рис. 4.3 груп.

Рис. 4.3. Вікно вибору лампи "Select Lamp"

У кожній 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 ЕПРП. На екрані відкривається вікно "Select Target 1C". Переміщаючи движок, вибирають одну із запропонованих мікросхем. Якщо в комп'ютері встановлена програма Adobe Acrobat Reader, натиснувши на кнопку "Datashet" 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 ЕПРП, 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 ЕПРП 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 управління 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 перевищує 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.4.4. 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.

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 компоновання 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 схематичного проектування із застосуванням шаблонів і типових схемних рішень, однак не враховують конструктивних параметрів кінцевого виробу. 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.

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 однотактних 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 схематичного проектування із застосуванням шаблонів і типових схемних рішень, однак не враховують конструктивних параметрів кінцевого вироуду. 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
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, IDТ)
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/ТR 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/ТR 61000-2-3:1992, IDТ)
8. Горобец А.И. Справочник 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/Кoeffициент_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, No 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. Спрпвочник. -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. MATLAB 7. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 1104 с.