

VI Міжнародна науково-технічна конференція „Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи”

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 621.327

Анатолій Лупенко, докт. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

ЕЛЕКТРОННІ ПУСКОРЕГУЛЮВАЛЬНІ АПАРАТИ З УСУНЕННЯМ АКУСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ В РОЗРЯДНИХ ЛАМПАХ ВИСОКОГО ТИСКУ

Розглянуто однокаскадні електронні пускорегулювальні апарати для живлення розрядних ламп високого тиску низькочастотними прямокутними імпульсами струму, які усувають акустичний резонанс та забезпечують високий коефіцієнт потужності.

Ключові слова: однокаскадний електронний пускорегулювальний апарат, розрядна лампа високого тиску, акустичний резонанс, низькочастотне живлення.

Anatoliy Lupenko

ELECTRONIC BALLASTS WITH ELIMINATING OF ACOUSTIC RESONANCE IN HIGH PRESSURE DISCHARGE LAMPS

A single-stage low-frequency square-wave electronic ballasts for high-pressure discharge lamps operation with acoustic resonance eliminating and high power factor are considered.

Key words: single-stage electronic ballast, high-pressure discharge lamp, acoustic resonance, low-frequency operation.

Нашляху створення електронних пускорегулювальних апаратів (ЕПРА) для розрядних ламп високого тиску (РЛВТ) є одна серйозна перешкода, яка ускладнює їх проектування – це явище акустичного резонансу (АР), яке виникає при високочастотному живленні РЛВТ. При роботі лампи на високих частотах (ВЧ) в її розряді можуть виникати стоячі хвилі, які призводять до флуктуацій тиску в розрядній трубці. АР породжує ряд проблем, таких як нестабільність дуги, флуктуації світлового потоку та кольорової температури. Внаслідок змін профілю розряду змінюється напруга на лампі, що може призводити до її погасання. В гірших випадках АР може викликати руйнування розрядної трубки. АР виникає, якщо частота пульсацій потужності, що підводиться до РЛВТ, співпадає з власною частотою лампи та потужність цих пульсацій перевищує пороговий рівень АР, який становить біля 5% від номінальної потужності РЛВТ. Власні частоти лампи залежать від геометричних розмірів лампи, її форми, міжелектродної відстані, складу наповнення лампи, моди коливань та термодинамічних змінних стану розряду (тиск, температура, густина). Частотний діапазон, в якому спостерігається АР у РЛВТ, лежить в межах від 1кГц до 450кГц і навіть вище.

Для усунення шкідливого явища АР застосовуються різноманітні схемні рішення ЕПРА та алгоритми керування їх роботою. Методи усунення акустичного резонансу за допомогою ЕПРА можна поділити на дві групи: 1) методи вибору робочої частоти ЕПРА, яка розташована поза межами частотних смуг АР; 2) методи розподілу потужності, яка підводиться до лампи, по широкому спектру частот таким чином, щоб пульсації потужності на власних частотах лампи не перевищували порогового рівня, за яким виникає АР. Класифікація методів усунення АР за допомогою ЕПРА наведена на рис.1

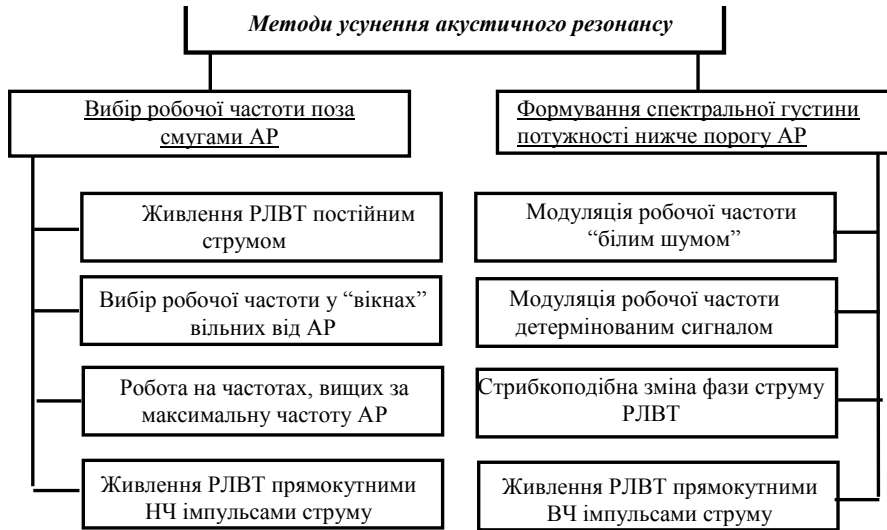


Рис. 1. Класифікація методів усунення явища

Одним із кращих методів вважають метод живлення ламп низькочастотними (НЧ) прямокутними імпульсами струму з частотою менше 1000 Гц, причому формування цих імпульсів здійснюється високоякісними (50-200 кГц) перетворювачами постійної напруги. Завдяки такому живленню розрядної лампи миттєва потужність РЛВТ є практично сталою з невеликими ВЧ пульсаціями, які не перевищують порогового рівня. Зміна напрямку протікання струму відбувається майже стрибкоподібно (за час, менший від часів релаксації), що усуває низькочастотні пульсації світлового потоку.

На базі цього методу пропонуються два варіанти однокаскадних ЕПРА, які не лише усувають АР, а й забезпечують коефіцієнт потужності ЕПРА, близький до одиниці. В цих ЕПРА коректор коефіцієнта потужності (ККП) та вихідний каскад (формував НЧ імпульсів) використовують спільні транзистори та їх драйвери, що за рахунок їх економії дає змогу зменшити вартісні показники ЕПРА.

Принцип дії першого ЕПРА полягає в почерговій роботі двох модифікованих високоефективних ВЧ перетворювачів типу VIBRED, які під'єднані до протилежних електродів РЛВТ. Схема ЕПРА наведена на рис. 2.

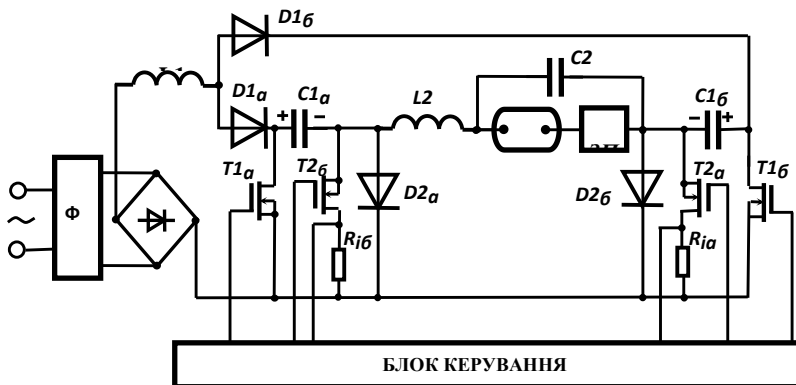


Рис.2. ЕПРА на перетворювачах типу VIBRED

До його складу входять ВЧ фільтр Φ , випрямляч, блок керування, розрядна лампа HL , запальвальний пристрій $ЗП$, конденсатор $C2$ та два VIBRED-перетворювачі. Кожний із них складається із спільного вхідного дроселів, транзисторних ключів $T1a$ ($T1б$) та $T2$ ($T2б$), діодів $D1a$ ($D1б$), $D2a$ ($D2б$), конденсаторів $C1a$ ($C1б$), давачів струму R_{ia} ($R_{iб}$). Перетворювачі типу VIBRED поєднують функції: а) корекції коефіцієнта потужності; б) внутрішнього накопичення додаткової енергії для усунення НЧ пульсацій з подвійною частотою мережі; в) регулювання вихідного струму; г) НЧ стрибкоподібну зміну напругу вихідного струму. Низький коефіцієнт гармонік

струму мережі обумовлений режимом переривчастого струму ВЧ підвищувального перетворювача постійної напруги. За своєю топологією ВІВRED-перетворювач відповідає перетворювачу Кука, в якому послідовно з входним дроселем $L1$ ввімкнено додатковий діод $VD1a$ ($VD1b$), завдяки якому забезпечується режим переривчастого струму в цьому дроселі. Модифікація перетворювачів Кука в даному ЕПРА полягає в тому, що два перетворювачі мають спільні вхідний і вихідний дроселі $L1$, і $L2$ та навантаження; крім того, вони функціонують в режимі стабілізації струму, а не напруги. Недоліком розглянутого ЕПРА є необхідність у додатковому пристрої запалювання.

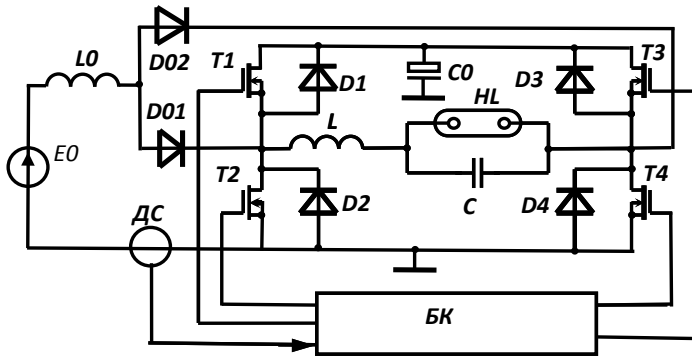


Рис.3. ЕПРА з резонансним запалюванням

чого замість топології мостового інвертора по чергово змінюють одна одну топології „додатного” знижувального перетворювача постійної напруги (Виск-перетворювач) та „від’ємного” Виск-перетворювача. Виск-перетворювачі працюють на ВЧ (близько 50 кГц). Функцію ККП виконують дроселі $L0$, транзистор $T2$ ($T4$), діоди $D01$ ($D02$) та $D1$ ($D3$), а роль накопичувача – конденсатор $C0$. Функцію стабілізації

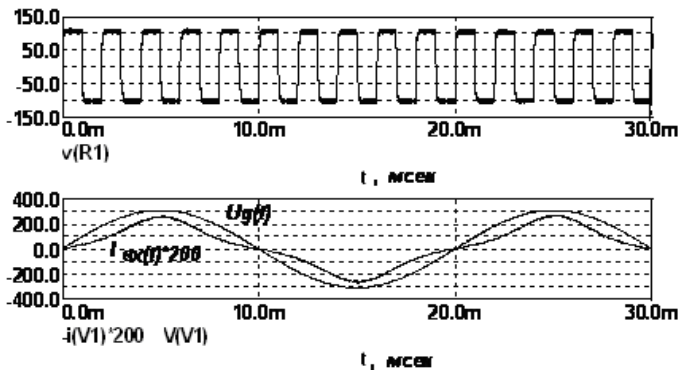


Рис. 4. Результати моделювання ЕПРА

струму, споживаний ЕПРА від мережі, за формою близький до синусоїдної напруги мережі (нижній графік). В спектрі струму мережі присутні третя гармоніка, яка складає біля 25% від основної, та п'ята гармоніка – біля 4%. Це задовільняє вимоги стандарту МЕК 1000-3-2. Коефіцієнт потужності ЕПРА дорівнює 0.97.

Таким чином, запропоновані ЕПРА є ефективними щодо усунення АР в РЛВТ та забезпечення високої якості споживання електроенергії, а також ресурсоекономними.

Для його усунення пропонується підхід, який полягає у реконфігурації топології ЕПРА у залежності від режиму роботи (рис.3). В такому ЕПРА в режимах запалювання і розгорання має місце структура традиційного резонансного мостового інвертора. В робочому режимі для формування НЧ прямокутних імпульсів струму керування змінює порядок комутації транзисторів, в результаті

РЛВТ виконує систему стабілізації, реалізована за замкненою структурою (ДС – давач струму). Роботою ЕПРА керує блок БК на базі мікроконтролера. Виконано аналіз схеми ЕПРА та її моделювання. Результати моделювання ЕПРА з еквівалентом РЛВТ SON-T 150W засвідчують, що на лампі діє близька до прямокутної НЧ напруга з частотою 500Гц (верхній графік рис.4). Тому ВЧ пульсації потужності лампи не перевищують порог АР.