

Висновки

1. Розроблено експериментальну установку для дослідження теслівських процесів при безконтактній підзарядці акумуляторів.
2. Розраховано параметри елементів, що входять в експериментальну установку.
3. Показано, як параметри установки адаптуються до методики розрахунку теслівських процесів при бездротовій передачі енергії.

Список використаних джерел

1. Васютинский С. Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов / С. Б. Васютинский. – Л.: Энергия, 1970. – 432 с.
2. Расчет электромагнитных элементов источников вторичного электропитания / А. Н. Горский, Ю. С. Русин, Н. Р. Иванов, Л. А. Сергеева. – М.: Радио и связь, 1988. – 176 с.
3. Сергеевков Б. Н. Электрические машины: трансформаторы: учеб. пособие для электромех. спец. вузов / Б. Н. Сергеевков, В. М. Киселев, Н. А. Акимова. – М.: Высш. шк., 1989. – 352 с.
4. Пентегов И. В. Особенности расчета индуктивностей рассеяния трансформаторов с развитыми магнитными потоками рассеяния / И. В. Пентегов, С. В. Рымар // Електротехніка і електро-механіка. – 2004. – № 2. – С. 38-45.
5. Пентегов И. В. О возможности беспроводной передачи энергии с помощью тесловских процессов / И. В. Пентегов, А. Л. Приступа // Техническая электродинамика. – 2005. – № 3. – С. 11-15.
6. Пентегов И. В. Аналіз теслівських процесів при передачі енергії без проводів / І. В. Пентегов, А. Л. Приступа // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2005. – № 25. – С. 116-122.
7. Пентегов И. В. Применение тесловских процессов для бесконтактного заряда аккумуляторов бытовых электрических устройств / И. В. Пентегов, И. В. Волков, А. Л. Приступа // Технічна електродинаміка. (Тем. вип. „Проблеми сучасної електротехніки”). – 2006. – Ч. 2. – С. 16-21.
8. Нейман Л. Р. Теоретические основы электротехники / Л. Р. Нейман, К. С. Демирчян. – М.: Энергия, 1966.

УДК 621.316.722.076.12

Ю.О. Денисов, д-р техн. наук

О.М. Городній, м.н.с.

О.А. Купко, магістрант

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ТА СТАТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРП-ПНС ПАРАЛЕЛЬНОГО ТИПУ

Експериментально досліджені особливості вихідної та регулювальної характеристик паралельного імпульсного квазірезонансного перетворювача та вплив комутаційних мікропроцесів на режим перемикання при нульовому струмі.

Вступ

Паралельні імпульсні перетворювачі (П) постійної напруги знайшли ефективне застосування у коректорах коефіцієнта потужності (ККП) для наближення форми струму, що споживається від мережі живлення, до синусоїдальної форми [1]. Але такі перетворювачі мають низку серйозних недоліків:

- 1) силовий транзистор перемикається при значних показниках струму та напруги, що призводить до значної динамічної потужності розсіювання енергії на ньому. Це знижує ККД та обмежує частоту комутації, яка впливає на якість корекції коефіцієнта потужності;
- 2) при наявності різких фронтів у процесі комутації транзистора та наявності в нього і в інших елементах схеми паразитних параметрів (ємностей ключа та міжвиткової ємності дроселя, індуктивностей, нелінійних процесів розсмоктування та накопичення носіїв на переходах транзисторів та ін.) в П виникають паразитні коливання на висо-

ких частотах. Згідно з вимогою міжнародних стандартів [1; 2] рівень потужності електромагнітних завад (стандарт ІЕС 6 1000-3-2) повинен обмежуватись 39 гармоніками, якщо потужність електрообладнання перевищує 75 Вт.

Ефективним шляхом подолання цих недоліків є переведення роботи силового ключа ПП у квазірезонансний режим [3; 4]. Силовий ключ у такому режимі вмикається та вимикається при нульовому струмі і має назву квазірезонансний імпульсний перетворювач, який перемикається при нульовому струмі (КРІП-ПНС). Фактично, це паралельний ПП, в який введено резонансний контур $S_k L_k$. Схема такого перетворювача наведена на рис.1, а його часові діаграми роботи — на рис.2.

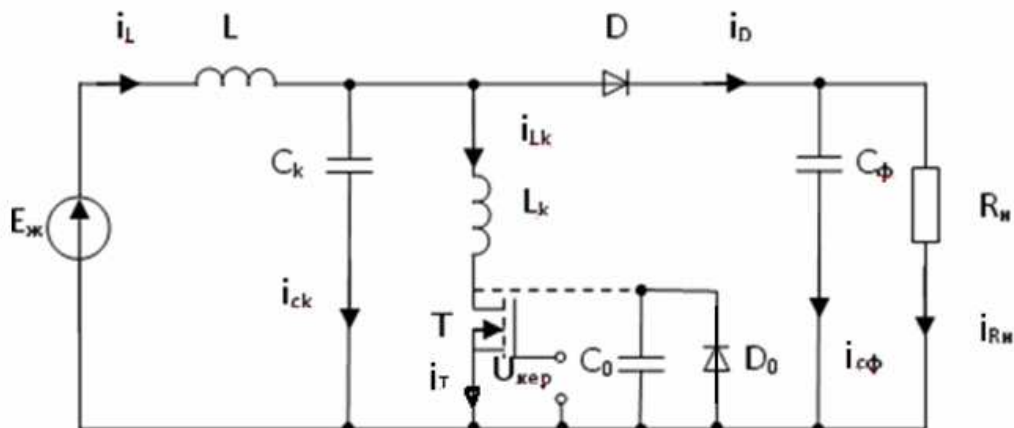


Рис. 1. Схема паралельного КРІП-ПНС

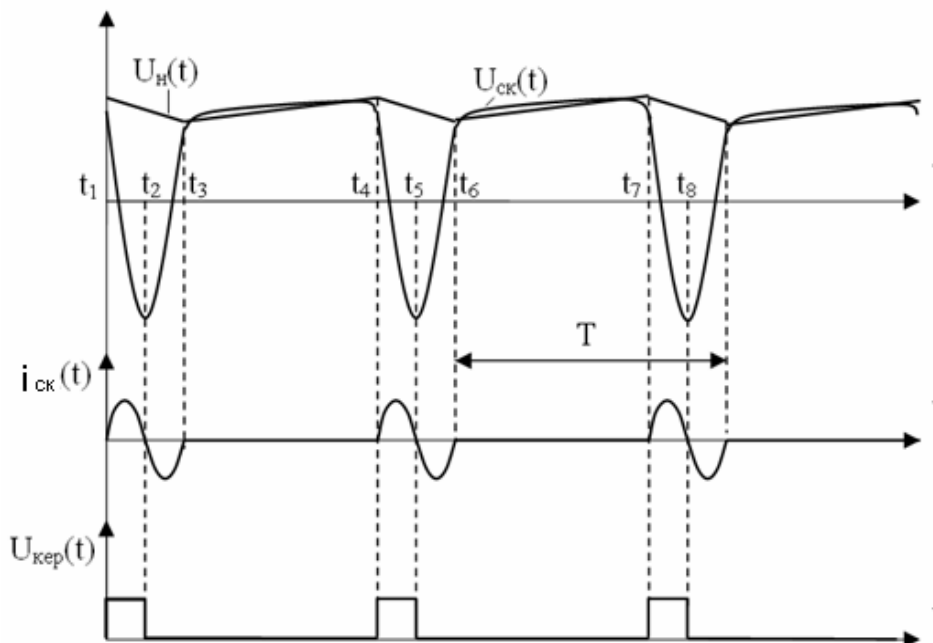


Рис. 2. Часові діаграми роботи КРІП-ПНС

Комутаційні процеси в паралельному КРІП-ПНС

У сталому режимі в роботі КРІП-ПНС можна виділити три етапи (рис. 2):

- 1) t_1-t_2 – перезаряд ємності C_k через силовий транзистор;
- 2) t_2-t_3 – перезаряд ємності C_k через зворотний діод D_0 ;
- 3) t_3-t_4 – передача енергії від джерела живлення у навантаження.

На першому етапі при замиканні електронного ключа T діод D попадає під від'ємну напругу:

$$U_D = E_{\text{ж}} + U_L(0) - U_H. \quad (1)$$

На цьому етапі справедлива еквівалентна схема заміщення, що наведена на рис. 3.

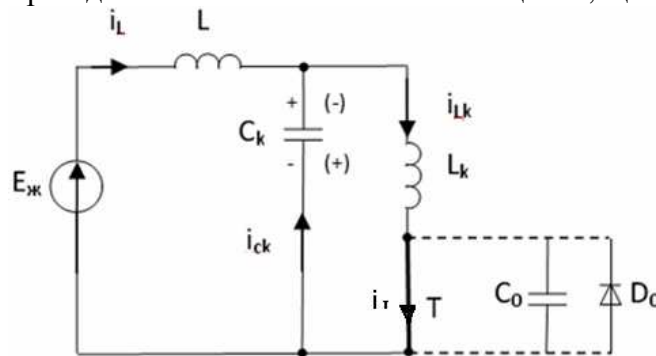


Рис.3. Схема заміщення КРПП-ПНС на першому комутаційному інтервалі

Резонансна ємність C_k перезаряджається через резонансну індуктивність L_k з частотою:

$$f_k = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_k C_k}}, \quad (2)$$

якщо силовий транзистор вважати ідеальним ключем. У момент часу t_2 струм контуру $i_{Lk}=0$, а напруга на C_k має мінімальне значення. В цей момент електронний ключ T вимикається.

На другому етапі транзистор T закритий ($UCB=0$), але конденсатор C_k перезаряджається через зворотний діод D_0 (еквівалентна схема рис. 4). Ємність C_k буде перезаряджатися до полярності, яка вказана в дужках. У момент часу t_3 струм резонансного контура $L_k C_k$ буде дорівнювати нулю і діод D_0 закриється від'ємною напругою UCB електронного ключа T . Етапи резонансного коливання закінчуються. На перших двох етапах напруга на R_n буде підтримуватися напругою C_ϕ , незначно зменшуючись за рахунок розряду C_ϕ через R_n .

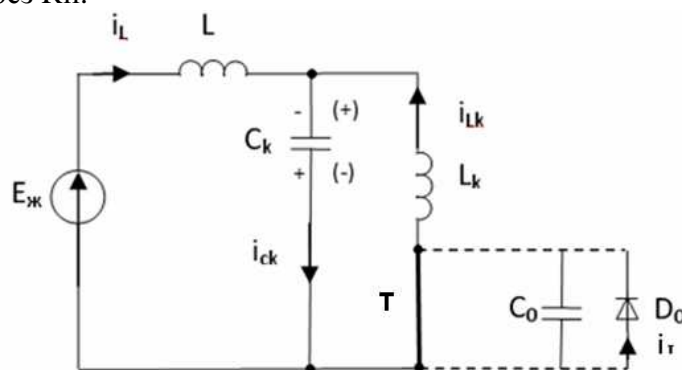


Рис.4. Схема заміщення КРПП-ПНС на другому комутаційному інтервалі

На третьому інтервалі електронний ключ T закритий, у процесі перезаряду C_k його напруга досягне рівня U_H і діод D відкривається (еквівалентна схема рис.5).

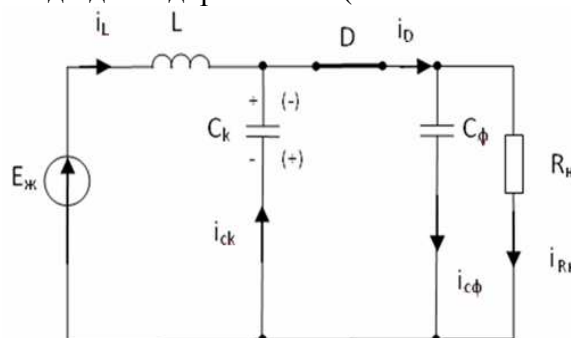


Рис.5. Схема заміщення КРПП-ПНС на третьому комутаційному інтервалі

На цьому інтервалі електромагнітна енергія, яку накопичено в дроселі L за два перших етапи, буде передаватись до навантаження. Змінюючи частоту перемикання транзистора T , можна регулювати напругу на R_H , або стабілізувати її при наявності кола зворотного зв'язку.

Частота комутації транзистора обмежується частотою резонансного контуру, яка залежить не тільки від значень L_k та C_k , але і від реальних параметрів транзистора та навантаження.

Експериментальні дослідження КРП-ПНС

Теоретично оцінити вплив паразитних параметрів транзистора T , його нелінійного змінного опору в процесі перемикання та вплив навантаження на частоту коливань резонансного контуру проблематично.

У зв'язку з цим дослідження цих питань проведено експериментально на діючому макеті КРП-ПНС, що має такі параметри своїх елементів: $L = 1$ мГн; $L_k = 5,2$ мкГн; $C_k = 0,22$ мкФ; діод MBR2045; транзистор IRF244; $E_{ж} = 15$ В; $R_H = 10 \div 200$ Ом.

З часових діаграм (рис. 2) видно, що мінімальна тривалість імпульсу відкриття транзистора повинна дорівнювати половині періоду коливань резонансного контуру, який при відкритому діоді D буде зашунтований навантаженням.

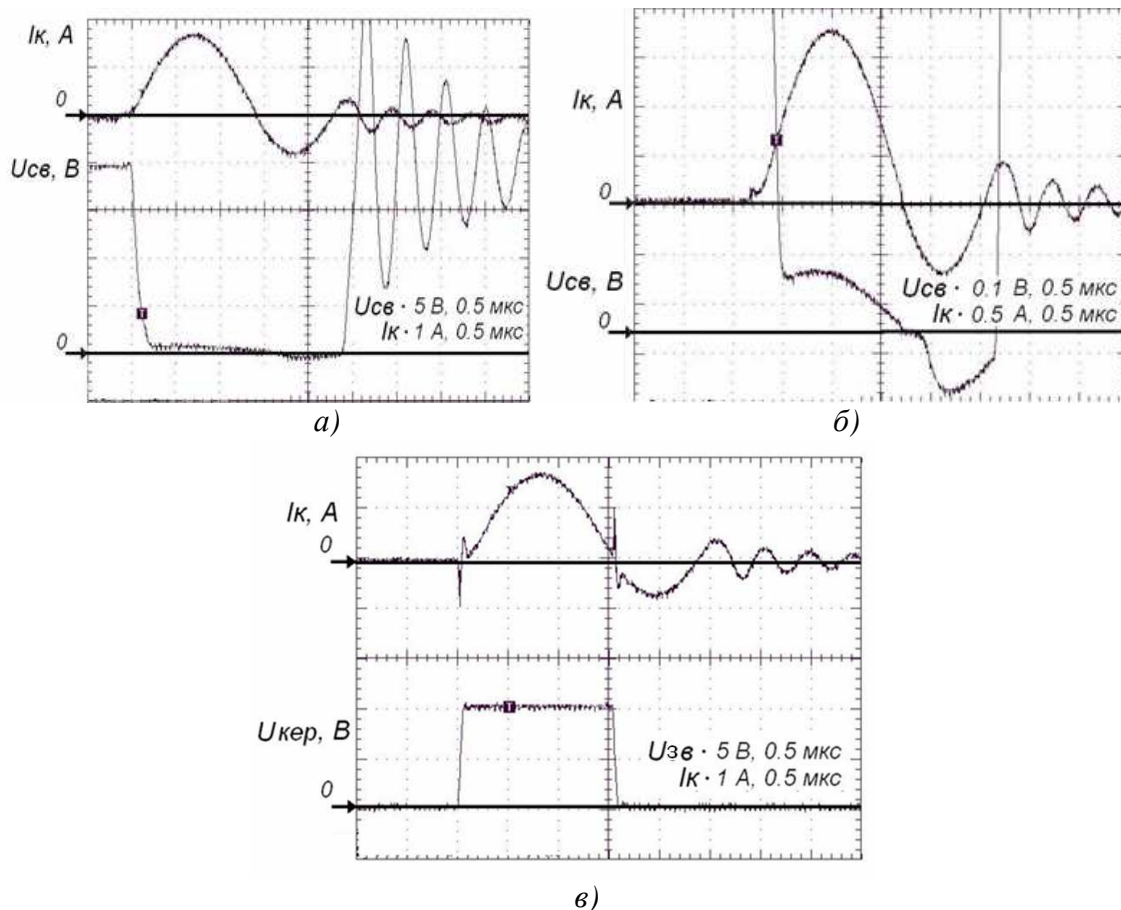


Рис.6. Осцилограми струму і напруги стік-витік та імпульсу керування в КРП-ПНС

Зміни навантаження будуть суттєво впливати на добротність та частоту коливань резонансного контуру, що при постійній довжині імпульсу, який відкриває транзистор, буде призводити до порушення режиму нульового струму при його вимиканні. На рис. 6 наведені осцилограми, які показують вплив навантаження на частоту резонансного контуру. Так, при навантаженні $R_H = 40$ Ом; $R_H = 100$ Ом (осцилограми рис. б, в) інтервал, на якому транзистор проводить струм резонансного контуру, дорівнює довжині імпульсу, що вмикає транзистор.

При навантаженні $R_n = 10 \text{ Ом}$, рис. 6, а, такий режим відсутній, наслідком чого є зменшення ККД. Режим вимикання силового транзистора супроводжується коливальними процесами в контурах, які створені паразитними елементами схеми.

Частота цих коливань вища ніж частота резонансного контура $L_k C_k$. Це веде до підвищення високочастотних пульсацій у навантаженні та в спектрі вхідного струму КРПІ-ПНС. Цей недолік відмічено в роботах [5; 6], де запропоновані схемні рішення для його подолання.

У процесі експериментальних досліджень отримані залежності довжини імпульсу вмикання транзистора від навантаження (рис. 7, 8) для різних частотних діапазонів його роботи. Отримані залежності дозволяють побудувати нечітку систему керування транзистором, яка дозволить зберегти режим нульового струму при його вимиканні в широкому діапазоні зміни навантаження [4].

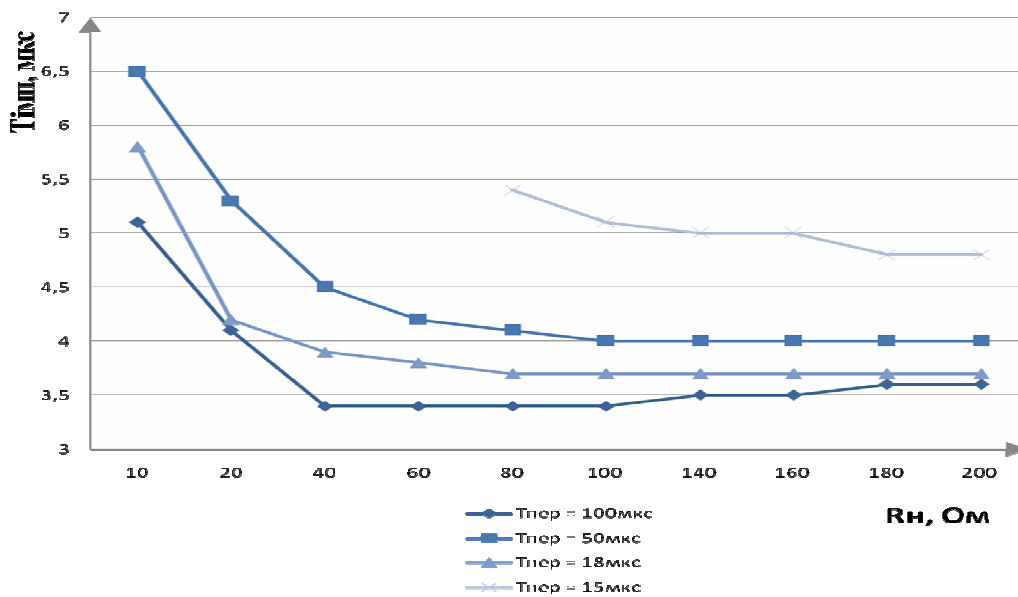


Рис.7 Залежність $T_{\text{імп}}=f(R_n)$ для частот комутації ключа від 10 кГц до 75 кГц

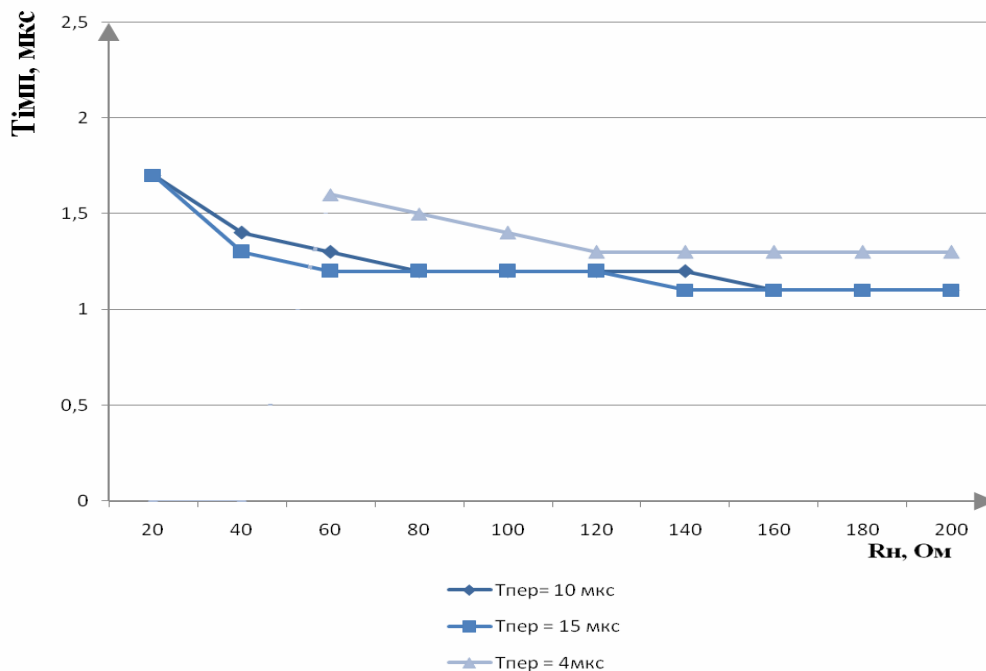


Рис.8. Залежність $T_{\text{імп}}=f(R_n)$ для частот комутації ключа від 75 кГц до 250 кГц

Експериментальні регулювальні та зовнішні характеристики для різних частот перемикання наведені на рис. 9, 10.

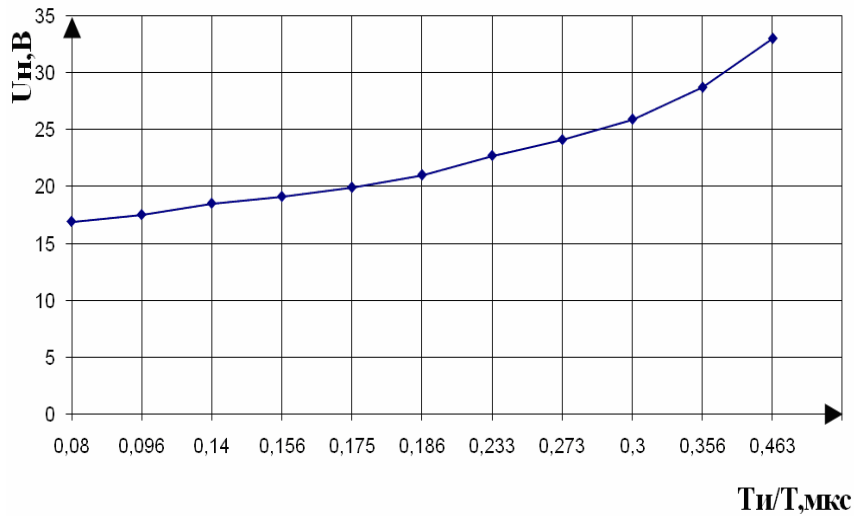


Рис. 9. Регулювальна характеристика КРІП-ПНС

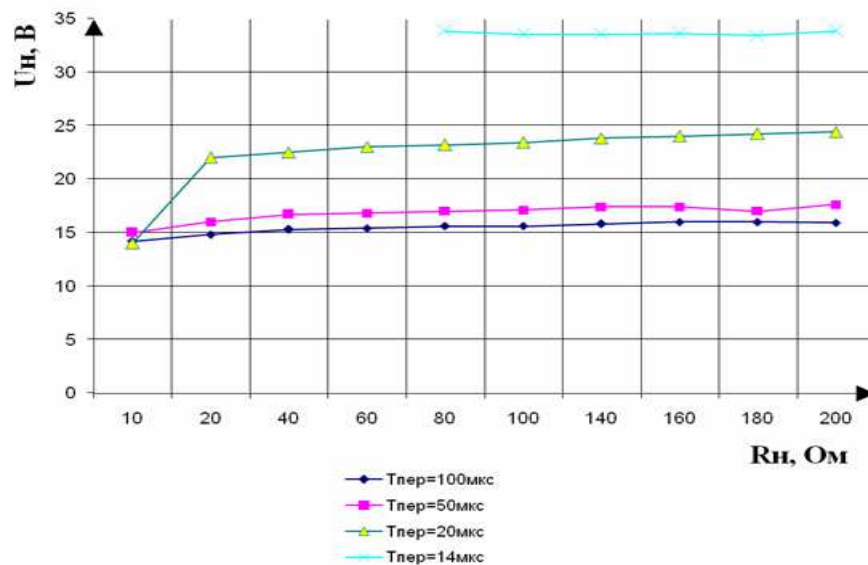


Рис. 10. Зовнішні характеристики КРІП-ПНС

Як видно з зовнішніх характеристик, вихідний опір КРІП-ПНС практично не залежить від частоти його роботи. При зменшенні R_n резонанс закінчується за рахунок шунтування малим R_n опору резонансного контура R_k . Це небажаний режим для КРІП-ПНС.

З регулювальної характеристики (рис.9) видно, що при шпаруватостях ($\gamma < 0,1$) вихідна напруга КРІП-ПНС практично дорівнює $E_{ж}$ за рахунок збільшення часу розсіювання електромагнітної енергії, яка була запасена в L на етапі резонансу в S_f та R_n . При шпаруватостях, близьких до 0,5, вихідна напруга збільшується більше ніж в два рази. Регулювальна характеристика має значну не лінійність.

Висновки

1. Встановлена залежність тривалості імпульсу вмикання транзистора КРІП-ПНС від навантаження за умови збереження режиму нульового струму, що дозволяє побудувати відповідну систему керування на основі нечіткої логіки.

2. Встановлено, що зовнішня характеристика КРІП-ПНС має «жорсткий» характер, що створює сприятливі умови для стабілізації вихідної напруги, якщо шпаруватість управління знаходиться в діапазоні 0,1-0,5.

3. Експериментально встановлена наявність паразитних високочастотних коливань при вимиканні силового транзистора КРП-ПНС, які впливають на діапазон регулювання вихідної напруги та на коефіцієнт її пульсацій.

Список використаних джерел

1. ON Semiconductor, "Power Factor Correction (PFC) Handbook- Choosing the Right Power Factor Control-ler Solution", Rev. 2, Aug 2004.
2. Сертификация радиоэлектронной аппаратуры на соответствие требованиям электромагнитной совместимости/В. Семенов//Chip news. – 2004. – № 5. – С. 51-53.
3. Ли Ф.К. Высоочастотные квазирезонансные преобразователи. ТИИЭР / Ф. К. Ли // Тематический выпуск. «Энергетическая электроника» / под ред. В.А. Лабунцова. – М.: Мир. – Т. 76. – 1988. – № 4. – С. 83-97.
4. Стабилизаторы постоянного напряжения с широтно-импульсными и частотно-импульсными квазирезонансными преобразователями / Ю. А. Денисов. – Киев: Изд. Института электродинамики НАН Украины, 2001. – 146 с.
5. T. Firmansyah, E. Abe, S. Shoyama, M. Tomioka, S. Ninomiya "An active-clamped full-wave zero-current-switched quasi-resonant boost converter in power factor correction application", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2010, Twenty-Fifth Annual IEEE, February 25, p. 30.
6. S. Tomioka, S. Abe, M. Shoyama, T. Ninomiya, E. Firmansyah, "Zero-current-switched quasi-resonant boost converter in power factor correction application", Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2009, Twenty-Fourth Annual IEEE, February 6, p. 11.

УДК 504.054

А.О. Квицинський, канд. техн. наук

І.О. Майстренко, інженер

Відокремлений підрозділ «Науково-технічний центр електроенергетики» НЕК «Укренерго», м. Київ, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ МАСШТАБІВ ЗАРАЖЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НАСЕЛЕНИХ МІСЦЬ ЕЛЕГАЗОМ І ПРОДУКТАМИ ЙОГО РОЗКЛАДАННЯ

Проаналізовано можливі масштаби зараження атмосферного повітря елегазом і продуктами його розкладання і встановлено, що у разі нормальної роботи елегазового електрообладнання перевищення гранично допустимих концентрацій елегазу та продуктів його розкладання не відбувається.

Елегаз успішно використовувався в електроенергетиці в силовому обладнанні для передавання та розподілення електричної енергії (розподільні установки високої та середньої напруги, елегазові підстанції, головні вимикачі замкненої мережі, автоматичні вимикачі, трансформатори, кабелі). Це синтетичний газ, утворений шістьма атомами фтору, зібраними навколо атома сірки, розташованого в центрі. Хімічний зв'язок між фтором і сіркою відомий як один із найстабільніших існуючих атомних зв'язків. Шість таких зв'язків надають молекулі дуже високої хімічної та термічної стійкості.

У процесі нормальної експлуатації під дією електричної дуги в обладнанні, де міститься елегаз, атоми фтору відриваються, утворюється безліч радикалів, іонів або нейтральних молекул, залежно від типу збудження та підведеної потужності. Коли підведення енергії припиняється, більшість атомів перегруповуються, щоб сформувати молекулу елегазу, у той час як деякі з них комбінуються з іншими речовинами, для утворення низки стабільних кінцевих продуктів.

Під час розкладання елегазу частковими розрядами, проміжними продуктами є фрагменти елегазу SF₅, SF₄ і F, що сполучаються з киснем і водою, утворюючи сполуки, в основному – HF, SO₂, SOF₂, SOF₄ і SO₂F₂. Завдяки низькій енергії часткових розрядів накопичені кількості цих сполук зазвичай є дуже незначними. Кількість цих побічних