

Підсумовуючи проведені дослідження, можна стверджувати, що поставлене в роботі завдання з визначення оптимальних характеристик ВОСП з поляризаційним мультиплексуванням виконано повністю. Отримана залежність оптимальної потужності передавача від протяжності ВОЛТ, яка дозволяє мінімізувати ймовірність помилки біта *BER* у каналі ВОСП. Встановлено, що для ВОСП із канальною швидкістю 264 Гбіт/с при використанні декодера з гнучким рішенням довжина ділянки регенерації становитиме близько 1600 км.

Література

1. I. Kaminow, T. Li, A.E. Willner. Optical Fiber Telecommunications VB: Systems and Networks. New York: Academic Press, 2008. 916 p.
2. Agrawal GP Nonlinear Fiber Optics. New York: Academic Press, 2013. 629 p.
3. FlexRate 200G Muxponder (MS430943/4M). URL: https://www.microsens.com/fileadmin/files/uploads/products/1_public/0_DAT/4_OTN/DAT422b_MS430943-4M_MSP3000-200G-FFI-Module_EN_1019.pdf (дата звернення: 02.12)
4. Alvarado A., Agrell E., Lavery D., Maher R., Bayvel P. Replacing soft-decision FEC граничний paradigm в дизайні optical communication systems. Journal of lightwave technology. 2015. Vol. 33, No. 20. P. 4338-4352.

УДК 621.314

*Русу Олександр Петрович, к.т.н.
Міжнародний гуманітарний університет
shurusu@ukr.net*

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ІМПУЛЬСНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Анотація. *Проведено дослідження рівня перетворювальної потужності імпульсних перетворювачів електричної енергії. Показано, що використання певних схемотехнічних рішень дозволяє зменшити кількість енергії, що проходить через магнітне поле силового накопичувального дроселя, що, у свою чергу, дозволяє зменшити масу, габарити та вартість вузлів живлення. Отримані результати дозволяють краще розуміти енергетичні процеси в імпульсних перетворювачах електричної енергії та покращувати техніко-економічні показники телекомунікаційної, радіотехнічної та комп'ютерної техніки.*

Імпульсні перетворювачі електричної енергії є невід'ємною складовою апаратної частини телекомунікаційної, радіотехнічної та комп'ютерної техніки, оскільки її надійна та стабільна робота неможлива без електропостачання необхідної якості. Високі значення коефіцієнту корисної дії та питомої потужності, притаманні імпульсному перетворенню, призвели до того, що цей спосіб, на сьогоднішній день, фактично, є безальтернативним варіантом вирішення задач зміни величини напруги та струму, що майже завжди виникають при створенні електронного обладнання.

Однак, незважаючи на велику кількість робіт, присвячених підвищенню техніко-економічних показників імпульсних перетворювачів, у тому числі і провідних світових виробників електронного обладнання, наприклад [1, 2], існує ряд питань, які ще й досі не визначені та потребують проведення додаткових досліджень, як на практичному, так і на

теоретичному рівнях. Одним із таких питань є визначення ключового параметру імпульсного перетворювача, який безпосередньо впливає його масу, розміри та вартість.

Специфічною особливістю імпульсного перетворення є циклічне переміщення певної кількості енергії $E_{\text{ПЕР}}$ в магнітне поле силового дроселя, з подальшим її поверненням в електричну частину схеми, оскільки при зворотному перетворенні енергії електромагнітного поля магнітопровода дроселя в енергію електричного струму відбувається зміна параметрів електричної енергії, що отримується від первинного джерела живлення. При такому способі перетворення, середня потужність перетворювача $P_{\text{ПЕР}}$, тобто кількість енергії, що проходить через його силову частину за певний проміжок часу T , визначається як відношення сумарної кількості перетвореної енергії до тривалості цього інтервалу [3]:

$$P_{\text{ПЕР}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{ПЕР}}} E_{\text{ПЕР}i}}{T}; \quad (1)$$

де $N_{\text{ПЕР}}$ – кількість повних циклів перетворення, що відбулися за час T .

Аналіз формули (1) показує, що для забезпечення необхідної вихідної потужності $P_{\text{ПЕР}}$ потрібно або збільшувати кількість енергії $E_{\text{ПЕР}}$, що накопичується у силовому дроселі, або збільшувати кількість циклів перетворення $N_{\text{ПЕР}}$. Перший варіант призводить до збільшення ваги, розмірів та вартості перетворювача, оскільки для цього потрібно використовувати дросель із магнітопроводом більшого об'єму, а другий варіант призводить до зменшення коефіцієнта корисної дії, оскільки у кожному циклі перетворення через неідеальність елементної бази відбуваються втрати певної частини енергії.

До недавнього часу, у відомих роботах вважалося, що при фіксованій кількості перетворень за одиницю часу $N_{\text{ПЕР}}$, потужність перетворювача $P_{\text{ПЕР}}$ однозначно визначає масу, габарити і вартість силових накопичувальних елементів, оскільки від них залежить їх енергетична ємність і, відповідно, величина $E_{\text{ПЕР}}$. Однак дослідження, проведені автором даної роботи, показують що це не завжди так. У доповіді розглянуті особливості побудови силової частини перетворювачів, що дозволяють при фіксованих значеннях вихідної потужності перетворювача $P_{\text{ВИХ}}$ та кількості циклів перетворення $N_{\text{ПЕР}}$ зменшити кількість енергії $E_{\text{ПЕР}}$, що проходить через магнітне поле накопичувального дроселя. У цьому випадку загальна вихідна потужність перетворювача $P_{\text{ВИХ}}$ є сумою перетворювальної потужності $P_{\text{ПЕР}}$ та потужності $P_{\text{ЕЛ}}$, що проходить через перетворювач завдяки наявності безпосереднього електричного зв'язку між його входом та виходом:

$$P_{\text{ВИХ}} = P_{\text{ЕЛ}} + P_{\text{ПЕР}}. \quad (2)$$

Прикладом такої схеми є перетворювач підвищувального типу, який можна подати як класичну вольтододатну схему, побудовану, наприклад, на основі схеми із зворотним включенням діода (рис. 1). У цій схемі цикл перетворення електричної енергії складається із двох етапів. На першому етапі силовий ключ $S1$ знаходиться у провідному стані, а $S2$ – у непровідному, що забезпечує обмін енергією лише між джерелом первинного електроживлення та магнітопроводом силового дроселя $L1$. Навантаження на протязі цього інтервалу живиться енергією, накопиченою у вихідному конденсаторі $C2$ на протязі попередніх циклів. На другому інтервалу перетворення дросель, що вже містить певну кількість енергії $E_{\text{ПЕР}}$, за допомогою ключа $S2$ підключається до вихідного конденсатора $C2$ (ключ $S1$ при цьому знаходиться у непровідному стані). При використанні вольтододатної схеми, силовий дросель $L1$ до вихідного конденсатора $C2$ підключається послідовно із джерелом первинного живлення. Таким чином, на протязі

цього інтервалу у конденсатор $C2$ та кола навантаження надходить енергія як від джерела первинного живлення (без будь-яких перетворень), так і від дроселя $L1$. Це означає, що вихідна потужність перетворювача складається із двох компонент: потужності $P_{\text{ЕЛ}}$, обумовленої наявністю електричного зв'язку між входом та виходом перетворювача, та потужністю $P_{\text{ПЕР}}$, що пройшла через магнітне поле силового дроселя $L1$.

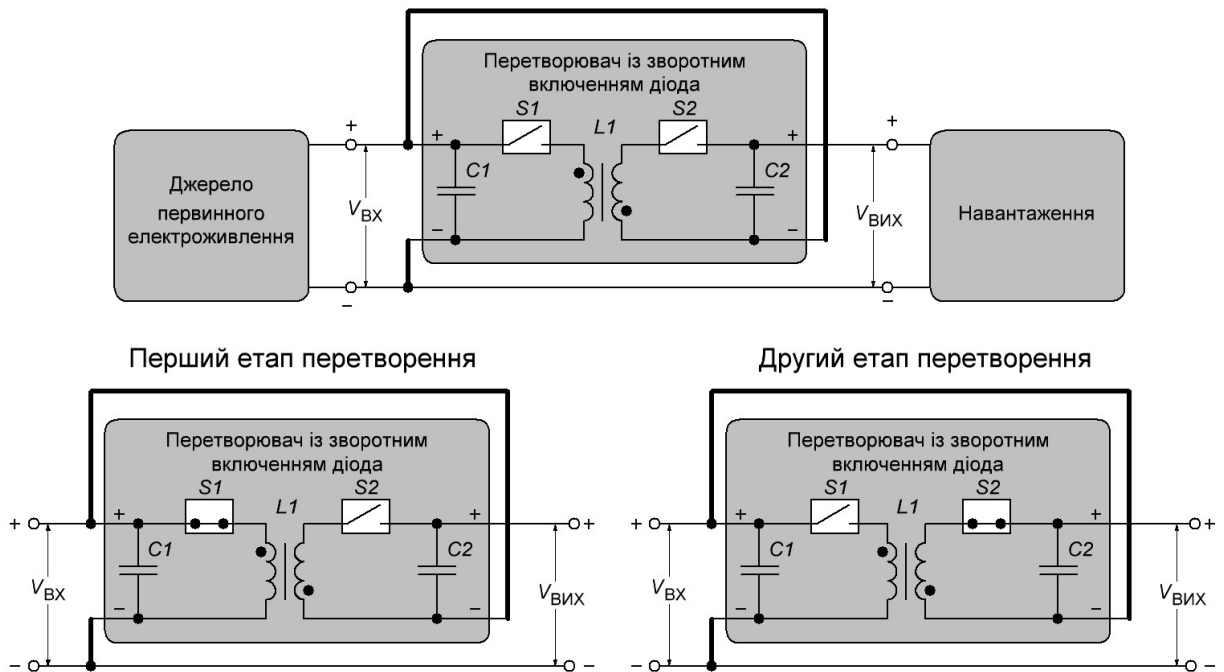


Рисунок 1 – Принцип перетворення лише частини електричної енергії

Очевидно, що потужність $P_{\text{ПЕР}}$, що проходить через магнітну систему дроселя, у цьому випадку, може бути менше ніж потужність перетворювача $P_{\text{ВИХ}}$ (рис. 2). При цьому перетворювальна потужність $P_{\text{ПЕР}}$ буде залежати від співвідношення вхідної $V_{\text{ВХ}}$ та вихідної $V_{\text{ВИХ}}$ напруг перетворювача – чим меншою буде це співвідношення, тим меншою буде величина перетворювальної потужності $P_{\text{ПЕР}}$ (рис. 3):

$$P_{\text{ПЕР}} = P_{\text{ВИХ}} \left(1 - \frac{V_{\text{ВХ}}}{V_{\text{ВИХ}}} \right) \text{ – для вольтододатної схеми} \quad (3)$$

$$P_{\text{ПЕР}} = P_{\text{ВИХ}} \left(1 - \frac{V_{\text{ВИХ}}}{V_{\text{ВХ}}} \right) \text{ – для вольтовіднімальної схеми}$$