

№ 15. ВІДДІЛ ТРАНЗИСТОРНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

УДК 621.391

МЕТОД ЗМЕНШЕННЯ НЕСИМЕТРИЧНИХ ЗАВАД ВІД ПЕРЕТВОРЮВАЧА НАПРУГИ З НАКОПИЧУВАЛЬНИМ ДРОСЕЛЕМ

В.К. Гурін, В.О. Павловський, канд. техн. наук, **О.М. Юрченко**, докт. техн. наук
 Інститут електродинаміки НАН України,
 пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна
 e-mail: yuon@ied.org.ua

Представлено результати наукових досліджень співробітників відділу транзисторних перетворювачів Інституту електродинаміки НАН України у галузі забезпечення електромагнітної сумісності в системах електроживлення технологічного обладнання, отримані у 2014 році. Розглянуто новий метод зменшення несиметричних завад від перетворювача напруги з накопичувальним дроселем. Суть методу полягає в тому, що накопичувальний дросель змушують одночасно генерувати негативну ємність, яка компенсує паразитну ємність «силові кола перетворювача – корпус». Це різко зменшує струм несиметричної завади перетворювача і, як наслідок, напругу завади. За допомогою програми PSPICE було перевірено ефективність цього методу. Моделювання показало, що запропонований метод у десятки і сотні разів зменшує інтенсивність несиметричних радіозавад перетворювача у регламентованому діапазоні частот від 150 кГц до 30 МГц дуже простими схемотехнічними та конструктивними засобами. Бібл. 1, рис. 4.

Ключові слова: перетворювач напруги, несиметрична радіозавада.

Сучасні транзисторні перетворювачі напруги генерують інтенсивні електромагнітні завади у широкому діапазоні частот, які проникають у мережу електроживлення у вигляді напруги кондуктивних завад, а також розповсюджуються у навколишньому середовищі у вигляді електромагнітних полів. Традиційним засобом зменшення завад від перетворювачів є одно- або дволанкові електромережні фільтри, але вони зазвичай займають до 30 % і більше від об'єму, маси та вартості перетворювача. Тому для силових транзисторних перетворювачів електромагнітної енергії, призначених для бортових систем електроживлення технологічного устаткування, зокрема і космічного призначення, надзвичайно актуальними і важливими є методи зменшення електромагнітних завад до заданого рівня без використання електромережних фільтрів.

Так, у роботі [1] запропоновано інноваційний метод зменшення несиметричних завад, генерованих перетворювачем, який не потребує застосування електромережних фільтрів; показано, що для широкого класу перетворювачів напруги основною причиною інтенсивних електромагнітних завад є паразитна ємність між силовими колами перетворювача і його корпусом. У цій роботі автори розробили метод компенсації паразитної ємності «силові кола перетворювача – корпус».

Суть запропонованого методу компенсації в тому, що можна змусити накопичувальний дросель перетворювача одночасно генерувати від'ємну ємність заданого значення, яка буде приєднана паралельно згаданій вище паразитній ємності. Чим різко зменшується значення сумарної паразитної ємності перетворювача між його силовими колами і корпусом, що значно зменшує струм несиметричної завади і, як наслідок, напругу завади.

З цією метою накопичувальний дросель перетворювача виконаний у вигляді двох обмоток з неоднаковою кількістю витків; обмотки охоплені сильним магнітним зв'язком і увімкнені послідовно, а між точкою з'єднання обмоток і корпусом перетворювача увімкнений конденсатор ємністю C (рис. 1).

На рис. 1 прийняті такі позначення: M – магнітний зв'язок між обмотками; n – відношення витків обмотки дроселя L_2 до витків обмотки

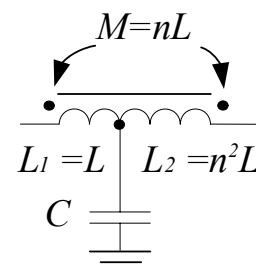
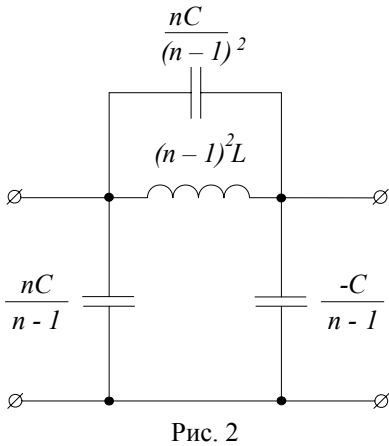


Рис. 1

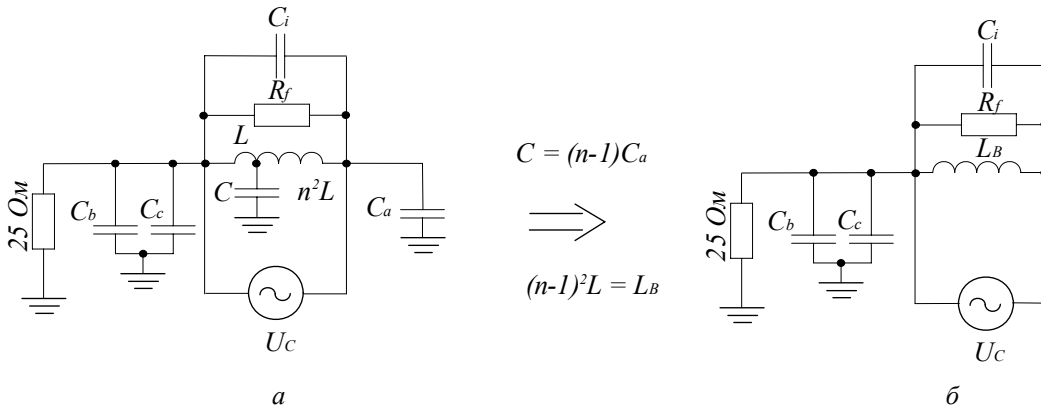


тки дроселя L_1 ; C – ємність конденсатора; L – індуктивність дроселя L_1 .

У роботі [1] показано, що Т-подібну схему, зображену на рис. 1, можна еквівалентно перетворити у П-подібну схему (рис. 2).

Якщо перетворювач напруги замінити еквівалентним генератором меандра U_c (рис. 3), а традиційний накопичувальний дросель перетворювача – схемою, зображеною на рис. 1, то одержимо схему, зображену на рис. 3 а; якщо крім того прийняти, що $C = (n-1) \cdot C_a$, де C_a – паразитна ємність «силові кола перетворювача – корпус», то схема на рис. 3 а перетвориться у схему, зображену на рис. 3 б.

На рис. 3 прийнято такі позначення: C_b, C_c – паразитні ємності перетворювача, які увімкнені паралельно резистору «25 Ом»; R_f – високочастотні втрати дроселя L_B ; C_i – міжвиткова ємність дроселя L_B ; U_c – еквівалентний генератор меандра у перетворювачі; «25 Ом» – еквівалентний вхідний опір вимірювача несиметричних завад.



З рис. 3 б видно, що коли $C = (n-1) \cdot C_a$, то відбувається повна компенсація паразитної ємності C_a , отже, немає шляху для протікання струму несиметричної завади від джерела U_c через вхідний опір вимірювача завад. Це означає, що в такому випадку напруга несиметричної завади не буде діяти на вході перетворювача.

З метою перевірки ефективності запропонованого методу зменшення інтенсивності несиметричних електромагнітних завад від перетворювача напруги з накопичувальним дроселем на вході було проведено електронне моделювання еквівалентної схеми такого перетворювача, як генератора несиметричних завад з урахуванням паразитної ємності C_a (рис. 3 а). Тактова частота перетворювача була вибрана рівною 67 кГц, дросель L_B мав індуктивність 860 мкГ. Паразитна ємність C_a була вибрана рівною 34 пФ. При моделюванні було прийнято, що дросель L_B (рис. 3 б) має дві обмотки: менша складає один виток, більша – 55 витків; отже, відношення витків двох обмоток становить $n = 55:1 = 55$.

Ємність C схеми компенсації (рис. 1) визначали з рівняння $C = (n-1) \cdot C_a$. Електронне моделювання проводилось за допомогою пакета програм схемотехнічного моделювання *PSPICE*.

Напруга U_c (рис. 3) – меандр, амплітуда $U_m = 400$ В, період повторення $T = 1/f = 1/67$ кГц ≈ 15 мкс; тривалість фронту $\tau_\phi = 0,1$ мкс, тривалість зрізу $\tau_{зр} = 0,1$ мкс. Коефіцієнт зв'язку $K_{зв}$ між обмотками був прийнятий рівним майже одиниці: $K_{зв} = 0,9999$.

Результат електронного моделювання еквівалентної схеми перетворювача при компенсації паразитної ємності C_a (нижня лінія на рис. 4) та без такої компенсації (верхня лінія) показано на графіках рис. 4. Для наочності на графіки накладена «планка» гранично припустимого рівня несиметричних радіозавад (пунктирна лінія).

З рис. 4 видно, що запропонований метод компенсації паразитної ємності C_a у десятки і сотні разів зменшує інтенсивність несиметричних радіозавад у стандартному регламентованому діапазоні частот від 150 кГц до 30 МГц, генерованих перетворювачем напруги з накопичувальним дроселем на вході, дуже простими схемотехнічними та конструктивними засобами.

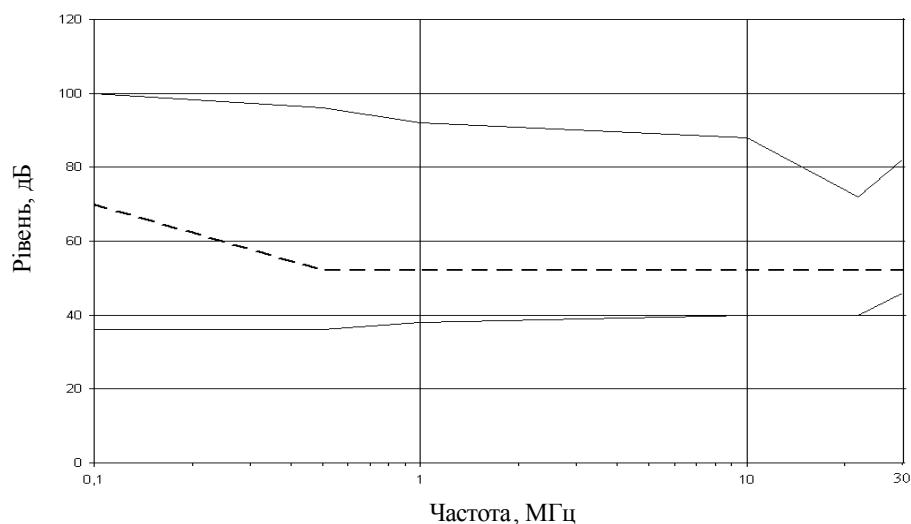


Рис. 4

Разом з тим електронне моделювання показало, що не відбувається повної компенсації згаданої паразитної ємності, тому що напруга несиметричних завад у такому разі була б рівною нулю. Отже, потрібно проводити додаткові дослідження у цьому напрямку.

1. Shuo Wang and Fred. C. Lee. Common-Mode Noise Reduction for Power Factor Correction Circuit With Parasitic Capacitance Cancellation // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 49, № 3. August 2007. – P. 537–541.

УДК 621.391

В.К. Гурін, В.А. Павловський, канд. техн. наук, **О.Н. Юрченко**, докт. техн. наук
 Інститут електродинаміки НАН України,
 пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Метод уменьшения несимметричных помех от преобразователей напряжения с накопительным дроселем

Представлены результаты научных исследований сотрудников отдела транзисторных преобразователей Института электродинамики НАН Украины в области обеспечения электромагнитной совместимости в системах электропитания технологического оборудования, полученные в 2014 году. Рассмотрен новый метод уменьшения несимметричных помех от преобразователя напряжения с накопительным дроселем. Суть метода заключается в том, что накопительный дроссель одновременно генерирует отрицательную ёмкость, которая компенсирует паразитную ёмкость «силовые цепи преобразователя – корпус». Это резко снижает ток несимметричной помехи и, как следствие, напряжение помехи. С помощью программы PSPICE была проверена эффективность этого метода. Моделирование показало, что предложенный метод в десятки и сотни раз уменьшает интенсивность несимметричных радиопомех преобразователя в регламентированном диапазоне частот от 150 кГц до 30 МГц очень простыми схемотехническими и конструктивными средствами. Библ. 1, рис. 4.

Ключевые слова: преобразователь напряжения, несимметричная радиопомеха.

V.K. Gurin, V.O. Pavlovsky, O.M. Yurchenko

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,
 Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Method of common-mode noise reducing for boost converters with power factor correction circuits

The paper presents the results of research department employees №15 in the field of electromagnetic compatibility in power systems manufacturing equipment, obtained in 2014, have not been published. A method of common-mode (CM) noise reducing for boost power factor correction converters is described in this paper. The method is based on generating a negative capacitance to cancel the CM parasitic capacitance of converters mentioned above. To check up the effectiveness of the method PSPICE simulating was used. It was confirmed high efficiency of the method; simulation results showed CM noise reduction of tens to hundreds times at frequencies of 150 kHz to 30 MHz. Reference 1, figures 4.

Key words: voltage converter, common-mode noise.

Надійшла 23.04.2015

Received 23.04.2015