

телекоммуникационные технологии». – Севастополь, 2002. – С.593–595. 9. Твердотельная импульсная РЛС предупреждения столкновений 3 мм диапазона / Н.С. Добрянский, Я.М. Чобан, П.В. Федосюк и др. *Материалы 7-й Крымской международной конференции «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии»*. – Севастополь, 1997. 10. V. Muravyev, A. Rubanik, V. Vorobiev, Y. Choban, P. Fedosuk. *3mm Pulse Radar for Short-Range Navigation and Collision Avoidance. IEEE AEROSPACE and Electronic SYSTEMS MAGAZINE, July 1999, p.23.* 11. Экспериментальные исследования твердотельной импульсной РЛС диапазона 94 ГГц в акватории Севастопольской морской базы / А.Н. Зубков, С.В. Кашин, Я.М. Чобан и др. *Материалы 13-й Крымской международной конференции «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии»*. – Севастополь. – 2003. – С.745–747. 12. Шилейко А.В., Кочнев В.Ф., Химушкин Ф.Ф. *Введение в информационную теорию систем / Под. ред. А.В. Шилейко*. – М., 1985. 13. Штагер Е.А. *Рассеяние радиоволн на телах сложной формы*. – М., 1986.

УДК621.311.61.072.2

Михайло Казанівський

Львівський науково-дослідний радіотехнічний інститут

СПОСОБИ ФОРМУВАННЯ ПОТУЖНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОФАЗНИХ РЕЗОНАНСНИХ СТРУКТУР

© Казанівський Михайло, 2004

Розглянуто можливі шляхи побудови потужних перетворювачів із використанням багатофазних резонансних структур, показано їх переваги і широкі можливості використання.

Possibly ways of building power converters using multy phase resonance structures have being considered. There are advantageous and wide applications have being shown.

Вступ

Побудова пристроїв перетворення енергії на основі високочастотних імпульсних перетворювачів дала змогу значно розширити їх використання в силовій техніці, апаратурі зварювання і електроживлення гальванічних установок, пристроях високочастотного розігріву і плавки металів, системах електрохімічної рафінації і дезодорації рідин, джерелах живлення високочастотних генераторних приладів та інших пристроїв. Розглядаючи можливі шляхи побудови таких джерел живлення, вихідна потужність яких нерідко сягає 1 – 30 кВт, особливу увагу необхідно звернути на захищеність від коротких замикань на виході, зниження рівня завад, неперервність споживання потужності від вхідної мережі.

Використання пристроїв перетворення енергії на основі резонансних перетворювачів доказали значні переваги останніх порівняно з імпульсними ключовими схемами, а саме: захищеність перетворювача від коротких замикань на виході, зменшення рівня втрат при комутації, а також завад, можливість миттєвої зміни амплітуди напруги на виході, змінюючи робочу частоту перетворювача, що уможливило працювати в широких межах як вхідної, так і вихідної напруг. Саме ці переваги дають змогу будувати потужні перетворювачі на основі багатофазних резонансних структур [1]. Цей принцип формування потужних перетворювачів дає змогу рівномірно розділити потужність між усіма резонансними комірками перетворювача, вирівняти струм споживання від вхідної мережі за рахунок фазового зсуву, а також покращати якість вихідної напруги чи струму, розширити межі регулювання при збереженні високого коефіцієнта корисної дії.

Принципи побудови багатофазних резонансних перетворювачів

Вибираючи структурну схему побудови багатофазного резонансного перетворювача, необхідно виходити із вимог до рівня вихідної напруги чи струму. В стабілізуючих перетворювачах струму вихідні випрямлячі включаються паралельно через усереднюючі дроселі фільтра, а в стабілізаторах високих напруг вихідні випрямлячі резонансних комірок включаються послідовно на спільний LC-фільтр. Принцип побудови багатофазного резонансного перетворювача напруги розглянемо для прикладу на основі N-фазного перетворювача, структурна схема якого показана на рис. 1. Джерело складається з N резонансних перетворювачів РП1...РПN, які керуються схемою контролю СК, що контролює як вихідний струм на датчику струму ДС, так і вихідну напругу подільника ДН. Схема контролю формує імпульси керування, частота яких змінюється залежно від вхідної напруги, а також вихідного струму і в N раз перевищує резонансну частоту перетворювачів РП1...РПN, які поступають на фазовий розділювач ФР, при цьому керування резонансними перетворювачами РП1...РПN здійснюється з відповідним фазовим зсувом. Вихідні трансформатори Т1...ТN дають змогу здійснити гальванічну розв'язку між вхідною мережею і виходом, а також уможливають узгодити рівні вхідних фазних напруг з необхідним рівнем вихідних напруг $U_{m1} \dots U_{mN}$.

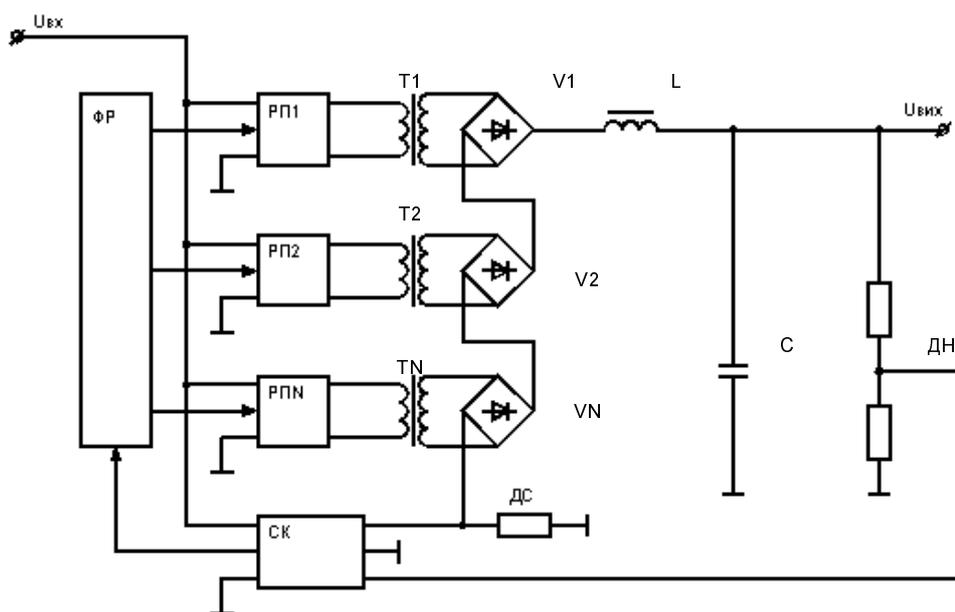


Рис. 1. Структурна схема багатофазного резонансного перетворювача

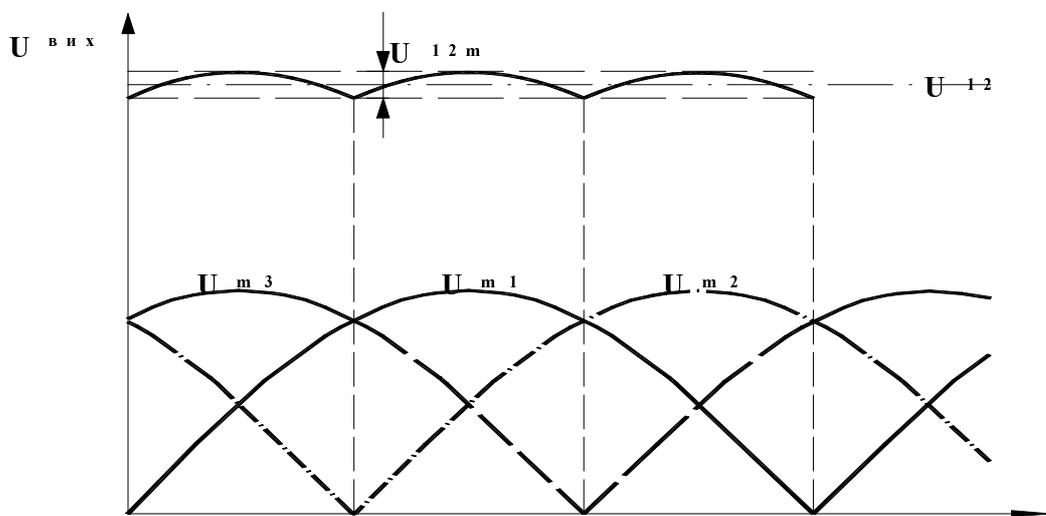


Рис. 2. Графік вихідної напруги U_{12}

Принцип формування вихідної напруги U_{12} залежно від фазних напруг $U_{m1} \dots U_{mn}$, де n – кількість фаз, розглянуто для прикладу на основі трифазного перетворювача на рис. 2.

Для правильного розрахунку параметрів і проведення оптимізації структури багатофазного резонансного перетворювача необхідно визначити коефіцієнти пропорційності вихідної напруги, а також коефіцієнт пульсацій вихідної напруги від числа фаз [2].

Процес формування вихідної напруги U_{12} описується формулою

$$U_{12} = U_m \sum_{i=0}^{n-1} \left| \sin \left(\omega t - \frac{i}{n} \pi \right) \right|. \quad (1)$$

Оскільки функція $[\sin(\omega t - i \pi / n)]$ є періодичною з періодом π / ω , то процес сумування можна розглянути для прикладу на проміжку одного напівперіоду $T = \pi / n\omega$.

Розглянемо інтервал $[(n-1) \pi / n\omega, \pi / \omega]$. На цьому відрізку кожна з функцій $\sin(\omega t - i\pi/n)$, $i=0, n-1$ додатна, тому

$$\begin{aligned} U_{12} &= U_m \sum_{i=0}^{n-1} \sin \left(\omega t - \frac{i}{n} \pi \right) \frac{\sin \left(-\frac{\pi}{2n} \right)}{\sin \left(-\frac{\pi}{2n} \right)} = \frac{U_m}{2 \sin \left(\frac{\pi}{2n} \right)} \left[\cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2n} \right) - \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2n} \right) \right] + \\ &+ \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2n} \right) - \cos \left(\omega t - \frac{3\pi}{2n} \right) + \dots + \cos \left(\omega t - \frac{n-1}{n} \pi + \frac{\pi}{2n} \right) - \cos \left(\omega t - \frac{2n-1}{2n} \pi \right) = \\ &= U_m \frac{\cos \left(\omega t - \frac{2n-1}{2n} \pi \right)}{2 \sin \left(\frac{\pi}{2n} \right)} = U_m \frac{\sin \left(\omega t - \frac{n-1}{2n} \pi \right)}{\sin \frac{\pi}{2n}}, \end{aligned}$$

$$\text{при } t \in \left[\frac{n-1}{n} \frac{\pi}{\omega}, \frac{\pi}{\omega} \right]$$

$$U_{12} = \frac{\frac{U_m}{2n} \int_{\frac{(n-1)\pi}{n\omega}}^{\frac{\pi}{\omega}} \sin \left(\omega t - \frac{n-1}{2n} \pi \right) dt}{\frac{\pi}{\omega n}} = - \frac{U_m \omega n}{\pi \sin \left(\frac{\pi}{2n} \right)} \left[\cos \left(\omega t - \frac{n-1}{2n} \pi \right) \right]_{\frac{(n-1)\pi}{n\omega}}^{\frac{\pi}{\omega}} = U_m \frac{2n}{\pi}. \quad (2)$$

Отже, коефіцієнт збільшення напруги $K(n)$ дорівнює

$$K(n) = \frac{U_{12}}{U_m} = \frac{2n}{\pi}. \quad (3)$$

Для визначення коефіцієнта пульсацій вихідної напруги U_{12m} розглянемо проміжок $[(n-1) \pi / n \omega, \pi / \omega]$.

Функція U_{12} набуває найменшого значення в точках $[(n-1) \pi / n \omega$ і $\pi / \omega]$, причому

$$U_{12} = U_m [\sin \{(n-1)\pi/2n\} / \sin(\pi/2n)] = U_{12\min},$$

а максимальна в точці $t = (2n-1)\pi/2n$, причому

$$U_{12} = U_m / \sin(\pi / 2n) = U_{12\max}.$$

Отже, можна визначити розмах пульсацій вихідної напруги U_{12m} :

$$U_{12m} = U_{12\max} - U_{12\min} \Rightarrow U_m \operatorname{tg}(\pi / 4n). \quad (4)$$

Коефіцієнт пульсацій вихідної напруги $K_{\sim}(n)$ можна подати як

$$K_{\sim}(n) = U_{12m} / U_m = \operatorname{tg}(\pi / 4n). \quad (5)$$

Графічна залежність коефіцієнтів $K(n)$ і $K_{\sim}(n)$ показана на рис. 3.

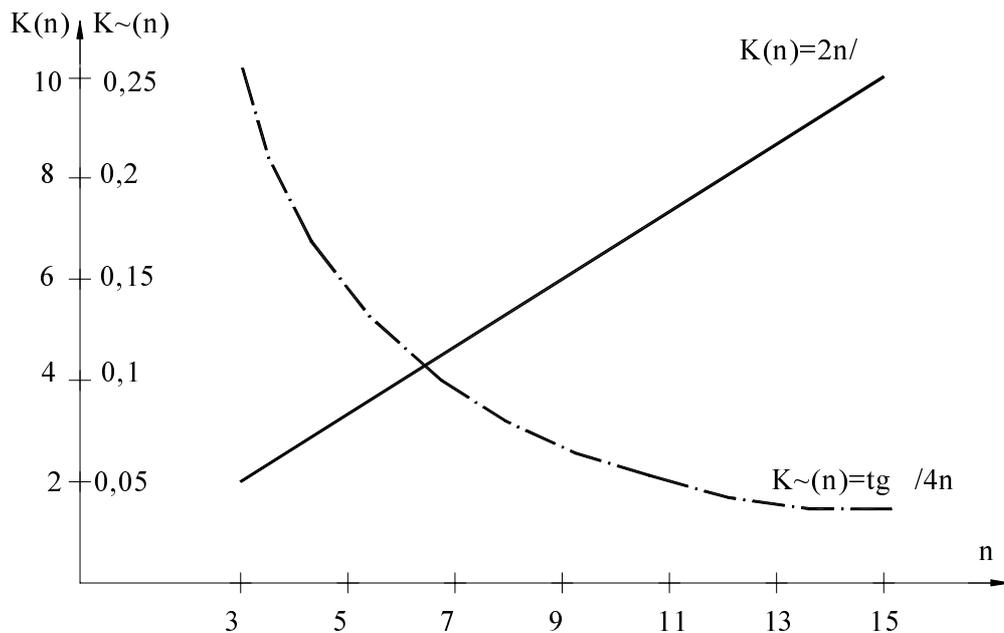


Рис. 3. Графічна залежність коефіцієнтів $K(n)$ та $K\sim(n)$

Визначивши залежність коефіцієнтів $K(n)$ і $K\sim(n)$ від кількості фаз, можна будувати математичну модель багатофазного резонансного перетворювача, здійснювати оптимізацію вибору структури залежно від поставлених вимог як до самого рівня, так і до якості вихідної напруги.

Висновок

Використання багатофазних резонансних структур при побудові потужних перетворювачів дає змогу значно покращити характеристики систем живлення, значно розширити межі регулювання вихідних параметрів при збереженні високого коефіцієнта корисної дії, а також можливі сфери використання.

1. Казанівський М.Я., Лозовий О.М., Невирковець Р.П., Шницер В.И. Стабилизированный источник питания. Обмен производственно-техническим опытом. – 1988. – Вып.9. – С.67–68.
2. Kazanivskyi Mikhailo, Semenyuk Sergiy. Mathematical Simulation of Multiphase Resonance Structures. Proceedings of the International Conference TCSET '2004, February 24–28, 2004. – Lviv – Slavsko, Ukraine. – P. 77.