

УДК 621.326

Володимир Яськів, к. т. н., доцент, Анна Яськів, Анатолій Марценюк
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МЕТОД ПОБУДОВИ ВИСОКОЧАСТОТНОГО СИЛОВОГО ІНВЕРТОРА НА ОСНОВІ МАГНІТНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Запропоновано новий метод побудови силового інвертора на основі високочастотних магнітних підсилювачів. Такі силові інвертори можуть використовуватися для відновлювальних джерел живлення та частотного регулювання електроприводів.

Ключові слова: кероване джерело живлення, силовий інвертер, високочастотний магнітний підсилювач, широтно-імпульсна модуляція, прямокутна петля гістерезису.

Volodymyr Yaskiv, Anna Yaskiv, Anatoliy Martseniuk

METHOD OF DESIGN OF A HIGH-FREQUENCY POWER INVERTER BASED ON MAGNETIC AMPLIFIERS

New method of design of power inverter based on high-frequency magnetic amplifiers is suggested. Such power inverters can be used for renewable power supplies and electric drives frequency regulation.

Keywords: controllable power supply, power inverter, high- frequency magnetic amplifier, pulse-width modulation, rectangular hysteresis loop.

Керовані джерела живлення з виходом на змінному струмі найчастіше застосовуються при розробці регульованих електроприводів, систем безперебійного електроживлення та в альтернативній енергетиці. Підвищення їх коефіцієнта корисної дії, надійності, питомої потужності, якості вихідної напруги при низькій собівартості завжди є актуальним завданням.

У цій роботі запропоновано новий метод розробки керованого джерела живлення з виходом на змінному струмі на основі високочастотних магнітних підсилювачів.

Сучасні способи формування вихідної змінної напруги ґрунтуються на двох основних методах: адитивній комутації вхідної постійної напруги різних рівнів та широтно-імпульсній модуляції (ШІМ) з допомогою високочастотних напівпровідникових приладів.

Пропонується для виконання комутаційної функції використати високочастотні магнітні підсилювачі (ВМП) на основі аморфних сплавів з прямокутною петлею гістерезису.

Функціональна схема силової частини керованого джерела живлення на основі ВМП зображена на рис. 1 [1].

Змінна напруга з некерovanого транзисторного інвертора 1 поступає на трансформатор TV. Силові ключі на основі ВМП TS1 та TS2 (TS3, TS4) забезпечують стабілізацію постійної додатньої (від'ємної) напруги шляхом широтно-імпульсної модуляції відповідно до сигналу керування. Ключі VT1 та VT2 комутують напруги протилежних полярностей. Таким чином, ми отримуємо змінну вихідну напругу, частота якої визначається сигналами керування V1 та V2.

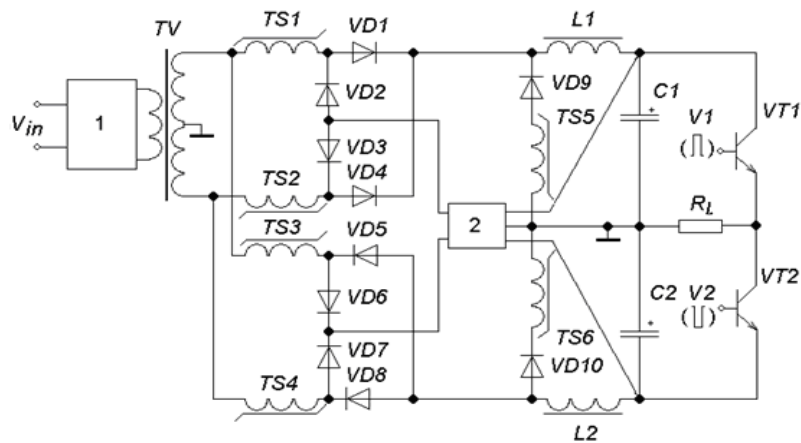


Рис. 1. Запропонована функціональна схема силового інвертора на основі ВМП (1- некерований транзисторний інвертор; 2- схема керування)

Кероване джерело живлення з виходом на змінному струмі працює наступним чином: коли напруга, прикладена до TS1 (TS4), є від'ємною, має місце так-званий півперіод керування. Протягом цього півперіоду діод VD1 (VD8) перебуває в непровідному стані, діод VD2 (VD7) перебуває в провідному стані, тому струм протікає через схему керування 2, розмагнічуючий діод VD2 (VD7) та ВМП TS1 (TS4). Цей струм зумовлює розмагнічення матеріалу осердя TS1 (TS4) від індукції насичення B_s до якоїсь індукції B_1 . При зміні полярності вхідної напруги розпочинається перемагнічування від запам'ятованого рівня індукції B_1 . Коли для ВМП TS2 (TS3) має місце півперіод керування, для ВМП TS1 (TS4) діє так-званий робочий півперіод. У цей час розмагнічуючий діод VD2 (VD7) перебуває в непровідному стані, діод VD1 (VD8) перебуває в провідному стані, і джерело вхідної змінної високочастотної напруги під'єднане до навантаження через ВМП TS1 (TS4) та діод VD1 (VD8). Робочий півперіод складається з двох інтервалів. Протягом першого інтервалу ВМП TS1 (TS4) перемагнічується від якогось запам'ятованого рівня індукції B_1 до індукції насичення B_s . Час, необхідний для цього перемагнічення, значно коротший за час розмагнічення протягом півперіоду керування. Це пояснюється відсутністю будь-яких обмежень швидкості перемагнічування (опір навантаження значно менший за опір схеми керування). Тому осердя ВМП досягає стану насичення за один півперіод вхідної змінної напруги. У стані насичення опір ВМП близький до нуля (він дорівнює активному опору обмотки ВМП), і сила струму обмежується тільки опором навантаження (другий інтервал). В результаті формується вихідна змінна напруга. Комутація напруги в навантаженні здійснюється ключами VT1, VT2, що визначають необхідну частоту вихідної змінної напруги.

Запропонований метод дозволяє отримати змінну вихідну напругу в частотному діапазоні від нуля до десятків кілогерц. Регулювання здійснюється магнітними ключами на частоті 50-200 кГц. Відпрацювання збурень відбувається за один півперіод частоти комутації, оскільки ВМП є безінерційним елементом з затримкою на один півперіод частоти комутації. Це забезпечує високий рівень динамічних характеристик [2].

Однак, для формування змінної вихідної напруги це кероване джерело живлення з виходом на змінному струмі використовує два різнополярні стабілізатори напруги. Кожен з них містить по два ВМП. Це підвищує схемотехнічну складність та не дозволяє зменшити собівартість, підвищити питому потужність та уникнути впливу розкиду технологічних параметрів магнітного матеріалу (K_n – коефіцієнт прямокутності, B_s – індукція насичення).

Тому запропоновано вдосконалену схему силового інвертора [3], де одні й ті ж ВМП використовуються для формування і додатного і від'ємного півперіодів вихідної

змінної напруги (рис. 2). Обмотки обох ВМП кожного з різнополярних стабілізаторів напруги виконані на спільному осердді. Це забезпечує широкий частотний діапазон вихідної змінної напруги та високий рівень динамічних характеристик, підвищення питомої потужності, зменшення собівартості, а також виключає вплив розкиду технологічних параметрів магнітного матеріалу на роботу керованого джерела живлення.

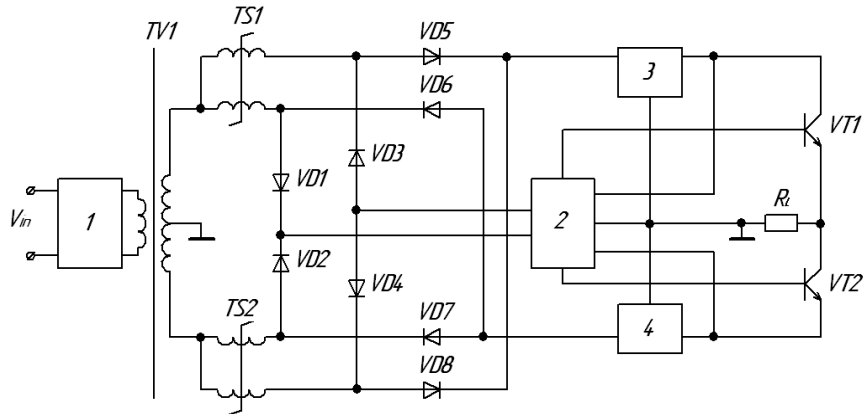


Рис. 2. Вдосконалена функціональна схема запропонованого високочастотного інвертора на основі ВМП (1- некерований транзисторний інвертор; 2- схема керування; 3,4 – вихідні фільтри)

Робоча частота ВМП визначається робочою частотою некерованого транзисторного інвертора 1 (рис. 2) та становить 50-100 кГц. Максимальна частота перемагнічення сучасних аморфних магнітних сплавів становить близько 200 кГц. Суттєве спрощення схемотехніки інвертора забезпечує йому питому потужність до 1 кВт/дм³ і вище.

Запропоноване схемотехнічне рішення забезпечує відсутність пере регулювання вихідної напруги в перехідних режимах [1]. Прогнозований ККД такого інвертора становить 90-97%. Зокрема, ККД високочастотного перетворювача напруги на основі ВПМ з вихідними параметрами 24В, 10А становить 92% [4].

Література

1. Патент на винахід 74199 UA, МПК H02M 7/539, G05F 1/32. Кероване джерело електроживлення з виходом на змінному струмі [Текст] / Яськів В.І., Гурник О.П.; заявник Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. - № 2003021289; заявл.13.02.2003; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11, 2005 р.
2. Яськів, В. І. Експериментальне дослідження динамічних характеристик напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високочастотними магнітними підсилювачами [Текст] / В. І. Яськів, М. М. Юрченко, О. П. Гурник// Науково-прикладний журнал«Технічна електродинаміка» (Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»). – 2005. – ч. 4. – С. 7–9.
3. Патент України на корисну модель № 109557, МПК H02M3/335 (2006.01) Кероване джерело електроживлення з виходом на змінному струмі [Текст]/ Яськів В.І., Марценюк А.С., Яськів А.В.; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u201602382; заявл.12.03.2016; опубл. 25.08.2016, Бюл. № 16, 2016 р.
4. V. Yaskiv, A. Abramovitz, K. Smedley, A. Yaskiv, “MagAmp regulated isolated ac-dc converter with high power factor,” Communications – Scientific Letters of the University of Zilina, Vol.1a, 2015, p. 28-34.