

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТРАНСФОРМАТОРНО–КЛЮЧОВИХ ВИКОНАВЧИХ СТРУКТУР ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ НАПРУГИ З КЛЮЧОВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ У КОЛІ СИЛОВОГО СТРУМУ

К.О.Липківський, докт. техн. наук,
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ–57, 03680, Україна.

Трансформаторно-ключові виконавчі структури як найбільш ефективні силові блоки перетворювачів напруги змінного струму, відзначаються різноманітністю топологічних рішень і потребують їхньої систематизації. Запропоновано основною класифікаційною ознакою вважати місце розташування ключових елементів, за якою всі структури поділено на два класи – з ключовими елементами у одному з кіл силового струму та з їхнім винесенням з цих кіл. Проведено систематизацію першого з цих класів, який, у свою чергу, поділено на сім груп. Для синтезу окремих варіантів розроблено метод топологічного перетворення електричних кіл з множиною секцій обвитки трансформуючого елемента та множиною ключових елементів, який спрямовано на підвищення ефективності використання цих елементів при реалізації процесів перетворення напруги. Бібл. 5, табл. 2, рис. 6.

Ключові слова: регулятор (стабілізатор) напруги змінного струму, трансформаторно-ключова виконавча структура, топологічне перетворення.

Вступ. Єдиним можливим рішенням проблеми побудови силового блоку енергоефективних перетворювачів напруги змінного струму, яке априорі не спотворює вихідний сигнал і не інjektує у мережу живлення додаткові неосновні "забруднюючі" гармоніки, є трансформаторно-ключові виконавчі структури – ТКВС [3]. Вони складаються з одного або кількох трансформуючих елементів – ТЕ (трансформаторів – Т, автотрансформаторів – АТ, вольтододавчих трансформаторів – ВДТ) та певної множини напівпровідникових ключових елементів – КЕ (тиристорів, симісторів), що працюють з природною комутацією. У цих структурах за допомогою відповідної системи керування реалізуються переключення КЕ і, як наслідок, дискретно-разові зміни коефіцієнта передачі по напрузі, необхідні для виконання заданого функціонального перетворення – регулювання або стабілізації.

У процесі розвитку наукової думки та елементної бази було запропоновано й розроблено багато оригінальних схемотехнічних рішень ТКВС, що суттєво різняться як по топології, так і по кількості складових та їхньому взаємному розташуванню. Вони достатньо досліджені у теоретичному плані та знайшли практичне впровадження [4]. Проте й досі немає узагальнюючої класифікації, яка б ввібрала у себе всі можливі прийнятні для застосування варіанти ТКВС.

Основною класифікаційною ознакою при систематизації ТКВС слід вважати місце розташування КЕ, за якою всі структури поділяються на два класи – ТКВС, у яких КЕ обтікаються силовим струмом (вхідним чи вихідним), та структури з винесенням КЕ з кіл силового струму. Кожен з цих класів поділяється на групи та підгрупи по інших класифікаційних ознаках, характерних саме для нього (можливим є комбінований варіант, коли частина КЕ знаходиться у одному з кіл силового струму, а частина – винесена з цих кіл, проте таке рішення є небажаним, бо у ньому сконцентруються негативні риси, притаманні кожному з класів). Виходячи з прийнятого принципового поділу, доцільно вирішувати це завдання окремо для кожного з двох визначених класів ТКВС.

Мета цієї роботи – провести класифікацію трансформаторно-ключових виконавчих структур з ключовими елементами у колах силового струму, прослідкувати можливі топологічні перетворення цих структур та вплив таких перетворень на їхні технічні характеристики.

Викладення основного матеріалу. Виконавчі структури цього класу базуються на єдиному трансформуючому елементі – секціонованому автотрансформаторі або (в разі необхідності гальванічного відокремлення споживача та мережі) трансформаторі з секціонованою первинною та/або вторинною обвиткою. Зазначимо, що все розмаїття варіантів ТКВС буде мати місце для обох випадків, тому з метою більшої компактності представлення схемотехнічних рішень розглядатимемо ТКВС виключно з автотрансформатором. Позитивні властивості цих ТКВС ґрунтуються як на зазначеній вище можливості обмежитись лише одним ТЕ, так і на тому, що розміщення КЕ у колі силового

струму дозволяє покласти на них додаткову функцію захисту споживача при порушеннях у живлячій мережі (зокрема, від перенапруг) та захисту перетворювача при порушеннях у навантаженні (хоча слід підкреслити, що будь-які порушення роботи самих КЕ спричинять або повне припинення енергоживлення споживача, або призведуть до аварійної ситуації).

У ТКВС цього класу напівпровідникові ключові елементи доводиться вибирати на струм, величина якого визначається виключно потужністю навантаження. Збільшення діапазону регулювання (стабілізації) практично не впливає на вибір КЕ, а от вимога підвищення точності, тобто зменшення похибки регулювання (стабілізації) пов'язана зі збільшенням кількості КЕ на той самий струм і, як наслідок, зі збільшенням їхньої загальної вартості. Ця "реакція" КЕ на зміну параметрів поля стабілізації прямо протилежна "реакції" ТЕ: зменшення діапазону регулювання (стабілізації) призводить до відповідного зменшення встановленої потужності автотрансформатора і, як наслідок, зменшення його маси та габаритів, а підвищення точності практично не впливає на цей параметр.

Можливі реалізації ТКВС цього класу поділено на сім груп, які зведено у табл. 1. Їх доцільно розрізняти, в першу чергу, за такими двома характерними ознаками:

- способу виконання обвитки АТ (ТКВС з секціонуванням єдиної обвитки АТ та ТКВС з виокремленням регульовальних секцій),
- способу виконання напівпровідникового комутатора (ТКВС з єдиним комутатором та ТКВС з декомпозицією ключових елементів комутатора).

Таблиця 1

ТКВС з єдиним комутатором	ТКВС з декомпозицією комутатора					
	двоблочні	ланцюгові		сходові	комплексні	
1	2	3	4	5	6	7
секціонування єдиної обвитки	без реверсу секцій		з реверсом секцій			
	+(-)ΔU		± ΔU			
	з виокремленням регульовальних секцій					

У перших двох колонках таблиці знаходяться ТКВС з секціонуванням єдиної обвитки АТ. До першої групи належать ТКВС з єдиним комутатором на вході або виході АТ (перша колонка). У них кількість можливих станів структури J (тобто нетотожних коефіцієнтів передачі по напрузі) дорівнює кількості ключових елементів N ($J=N$). Внаслідок цього такі структури доцільно використовувати у випадках необхідності регулювання (стабілізації) у невеликих діапазонах та з нежорсткими вимогами щодо точності реалізації заданого функціонального перетворення.

При декомпозиції комутатора у ТКВС з єдиною секціонованою обвиткою АТ (група двоблочних ТКВС – друга колонка табл. 1) зв'язок між блоками за кількістю ключів у кожному блоці (N_1 та N_2) й загальною кількістю КЕ є адитивним ($N=N_1+N_2$), а за кількістю станів – мультиплікативним

($J=J_1 \times J_2 = N_1 \times N_2 = N^2/4$ – при парному N , або $(N^2-1)/4$ – при непарному N). Тобто, за коефіцієнтом ефективності використання ключових елементів $\xi_{KE} = J/N$ двоблочні структури суттєво перевищують попередній варіант, причому зі збільшенням кількості KE це перевищення стрімко зростає: так, наприклад, при $N=8$ – $\xi_{KE}=2$, при $N=10$ – $\xi_{KE}=2,5$, при $N=12$ – $\xi_{KE}=3$. Зауважимо, що цим структурам притаманний і певний недолік у порівнянні з попередніми – у кожному режимі силовий струм проходить по двох KE, тому втрати на напівпровідникових переходах зростуть удвічі, відповідно зросте і необхідна площа охолодження радіаторів.

Бажання подальшого підвищення ефективності використання ключових елементів, тобто отримання заданої кількості станів J при меншому числі KE, викликало появу структур з виокремленням регульовальних секцій АТ (колонки 3-7).

Перед проведенням систематизації цих груп ТКВС зупинимось на деяких загальних питаннях їхньої побудови та можливих перетворень.

Будь-яку складну ТКВС можна синтезувати з елементарних однотипних модулів m_n , що містять послідовно з'єднану пару "ключ V_n – секція обвитки W_n " та належать множині $M = \{mn \mid n=1, N\}$. При комплексуванні таких модулів необхідно враховувати певні міркування, пов'язані з умовами, у яких повинна працювати трансформаторно-ключова виконавча структура.

У будь-якому стані $j \in J$ загальна кількість одночасно працюючих модулів $|M_j^+|$ повинна залишатися незмінною. Всі одночасно працюючі модулі, що містять $|W_j^+|$ секцій обвитки, виявляються увімкненими послідовно. Оскільки окремі секції при цьому можуть бути ввімкнені як узгоджено, так і зустрічно одна відносно іншої, для визначення загальної кількості витків, що характеризує коефіцієнт передачі ТКВС у j -ому стані, необхідно використовувати алгебраїчне додавання витків окремих секцій. Загальна кількість витків усіх секцій обвитки ТЕ, що визначає встановлену потужність трансформуючого елемента, дорівнює арифметичній сумі складових.

Синтезована ТКВС, що характеризується певною потужністю множини $|M|$ та певною конфігурацією, конструюється з окремих модулів на основі рекомендацій щодо доцільної декомпозиції M на окремі блоки [3]. Вона містить однакову кількість KE та секцій, виткові співвідношення яких дозволяють здійснювати задане для даної виконавчої структури функціональне перетворення. Проте, отриманий таким чином варіант буде оптимальний тільки за рівнем ефективності використання ключових елементів, а за кількістю секцій та встановленою потужністю ТЕ зазвичай може бути надлишковим. Оптимізацію ТКВС у цьому плані доцільно проводити за допомогою метода топологічного перетворення, розробленого спеціально для виконавчих структур класу, що досліджується [2].

Метою топологічного перетворення, результатом якого є цілеспрямована зміна кількості вузлів, гілок, контурів та загальної конфігурації схеми, є зменшення до мінімально можливого рівня кількості секцій та встановленої потужності трансформуючого елемента при збереженні незмінною кількості ключових елементів та можливих станів ТКВС. Цей метод ґрунтується на принципі перенесення секції обвитки ідеального трансформуючого елемента, сформульованому за аналогією з відомим принципом перенесення джерела електрорушійної сили у розгалуженому електричному ланцюгу: секція обвитки ТЕ може бути перенесеною з будь-якої гілки схеми у всі інші гілки, приєднані до спільного з цією гілкою вузла, без зміни сумарної кількості витків секції у всіх робочих станах (режимах) трансформаторно-ключової виконавчої структури.

Цей метод передбачає проведення певних операцій, які можуть здійснюватись або окремо, або комплексно. Найважливішими з них є:

- перенесення секції обвитки з однієї гілки в іншу, що не має з нею спільного вузла;
- перетворення з'єднання модулів типу "зірка" у тип "трикутник" та навпаки;
- перетворення секцій кількох модулів, що складають багатопроменеву зірку, у єдину секціоновану обвитку (оскільки побічним наслідком перетворення є виникнення замість одного первинного вузла низки нових вузлів, пов'язаних між собою новими гілками, що містять нові секції обвитки; цю операцію можна умовно назвати операцією "розкриття вузла").

Саме останню операцію як найбільш плідну, будемо використовувати при синтезі ТКВС з виокремленими регульовальними секціями обвитки ТЕ, і тому зупинимось на ній детальніше.

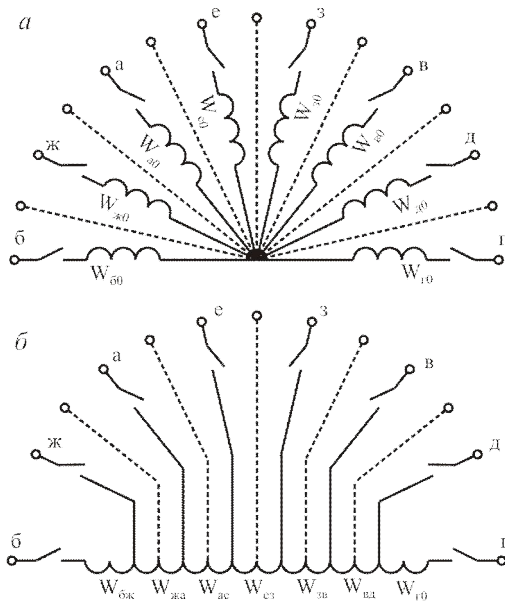


Рис. 1

буде значно меншою, ніж сумарне число витків у секціях початкового варіанту.

Повертаючися до конкретних схемотехнічних рішень ТКВС з виокремленням регулювальних секцій, почнемо з тих, які у [2] отримали назву ланцюгових (групи 3, 4, 5 табл. 1).

Для побудови цих структур доцільно спочатку синтезувати більш складні базові модулі (БМ) з окремих елементарних модулів (ЕМ) шляхом їхнього паралельного з'єднання (при послідовному з'єднанні кількох ЕМ вони замінюються одним ЕМ з однією секцією обвитки, число витків якої дорівнює алгебраїчній сумі витків модулів, що об'єднуються). Для практики достатньо мати три типи базових модулів: БМ-2, БМ-3 та БМ-4, що комплексуються відповідно з 2, 3 та 4 елементарних модулів (рис. 2, ліворуч). За допомогою поданого вище методу розкриття вузла цих модулів отримуємо нові

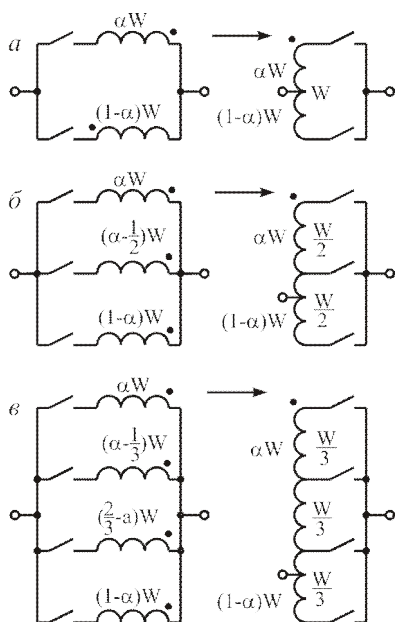


Рис. 2

БМ (рис. 2, праворуч), які переважно позитивно відрізняються від вихідних меншою кількістю витків секцій обвитки (лише у БМ-2 кількість витків залишається тією ж самою). Введений коефіцієнт α визначає асиметрію регулювання напруги: при $\alpha=1$ ці модулі можуть лише додавати напругу ($+\Delta U$), а при $\alpha=0$ – лише зменшувати її ($-\Delta U$). Такі структури складають першу групу ланцюгових ТКВС (колонка 3). При $\alpha=0,5$ отримуємо другу групу ланцюгових ТКВС (колонка 4), в яких регулювання відбувається як у бік збільшення, так і у бік зменшення напруги ($\pm\Delta U$).

У цих двох групах загальна кількість витків регулювальних секцій $(\Sigma W)_{pc}$ дорівнює кількості витків $(\Delta W)_{pc}$, що додаються (віднімаються) від основної обвитки, тобто коефіцієнт ефективності використання регулювальних секцій $\xi_{TE}=(\Delta W)_{pc}/(\Sigma W)_{pc}$ дорівнює одиниці. Вдвічі покращити цей показник можна у ланцюгових структурах з реверсуванням секцій (колонка 5). Вони також отримані з первинних ЕМ тими ж методами топологічного перетворення структур. Зауважимо, що останній групі ланцюгових ТКВС притаманний певний недолік – підвищена кількість КЕ взагалі та кількість КЕ, що працюють одночасно. З метою покращення ситуації слід застосувати запропоновані комплексні модулі з трьома секціями, співвідношення витків яких складає 1:3:2 (наприклад, у першому – 0,462W; 1,4286W; 0,9524W; у другому – 6,1906W;

18,5712W; 12,3812W). При двох таких модулях $J=13 \times 13=169$; $\xi_{TE}=169/16=10,6$ та чотири одночасно працюючих КЕ, в той час, як при чотирьох модулях, що мають одну регулювальну секцію (відповідно – W, 3W, 9W, 27W), $J=81$, $\xi_{KE}=5,06$ та 8 одночасно працюючих КЕ [5].

Комплексуючи два різнотипні базові модулі (БМ-2, БМ-3 та БМ-4), отримуємо нові, більш складні структури регулювальних блоків.

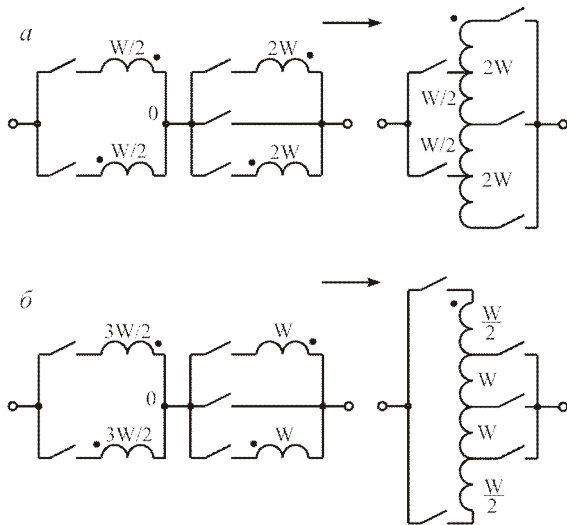


Рис. 3

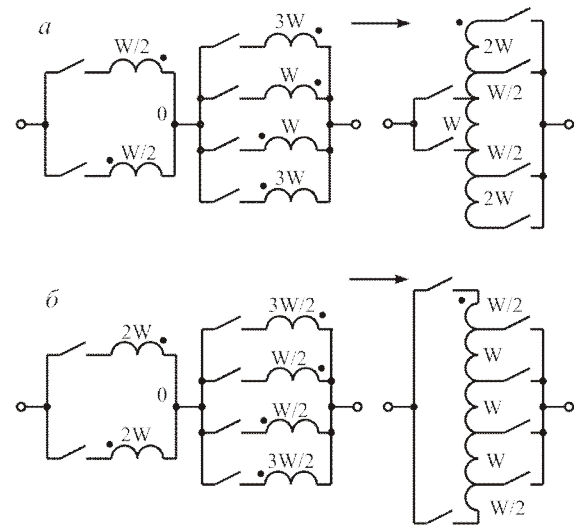


Рис. 4

На рис. 3 показано два варіанти об'єднання та розкриття вузла "0" БМ-2 та БМ-3, яке забезпечує $J=2 \times 3=6$. У першому (рис. 3, а) вихідний БМ-2 містить секції "меншої ваги" ($0,5W$ та $0,5W$), а БМ-3 – "більшої ваги" ($2W$ та $2W$). При цьому коефіцієнт ефективності використання регулювальних секцій зростає від $\xi_{TE}=5/5=1$ до $\xi_{TE}=5/4=1,25$. У другому варіанті (рис. 3, б) навпаки – БМ-2 вибирається більш "губим" ($1,5W$ та $1,5W$), а БМ-3 – більш "точним" (W та W), завдяки чому маємо $\xi_{TE}=5/3=1,67 > 1,25$. Таким чином, можна констатувати, що вдалий вибір вихідних модулів дозволяє отримати структури блоків зі значно ефективнішим використанням регулювальних секцій. Це ще більш наочно видно у випадку об'єднання БМ-2 та БМ-4, що забезпечує $J=2 \times 4=8$ (рис. 4): якщо у варіанті рис. 4, а досягається $\xi_{TE}=7/6=1,17$, то у варіанті рис. 4, б маємо $\xi_{TE}=7/4=1,75$.

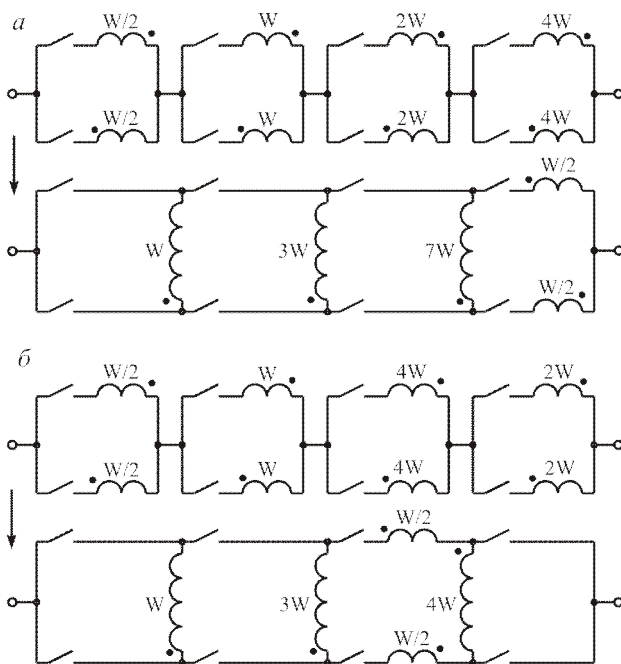


Рис. 5

Послідовне об'єднання кількох однотипних базових модулів типу БМ-2 після виконання процедури розкриття спільних вузлів дозволило синтезувати виконавчі структури, що дістали у [2] назву сходиноквих (6 колонка табл. 1). На рис. 5, а зображено чотири БМ-2, у яких кількість витків зростає за законом 2^{i-1} ($0,5W+0,5W=W$; $W+W=2W$; $2W+2W=4W$; $4W+4W=8W$). Ефективність вихідної структури визначається такими показниками: $\xi_{KE}=2$, $\xi_{TE}=15/15=1$, а синтезованої сходиноквої структури – $\xi_{KE}=2$, $\xi_{TE}=15/12=1,25$. Змінюючи послідовність вихідних модулів згідно з рис. 5, б (W ; $2W$; $4W+4W=8W$; $2W+2W=4W$), отримуємо іншу сходинокву структуру з $\xi_{TE}=15/9=1,67$, тобто і тут також процесу об'єднання модулів повинен передувати пошук оптимальної черговості складових.

"Сходинокві" структури є окремою групою ТКВС, що мають свої особливості та право на існування. Проте, нарощування кількості "сходинок" у цих структурах (зادля збільшення J) пов'язане зі збільшенням кількості послідовно працюючих ключових елементів і, внаслідок цього,

збільшенням сумарних втрат на напівпровідникових переходах, що свідчить про недоцільність їхнього використання у перетворювачах з широким діапазоном регулювання напруги.

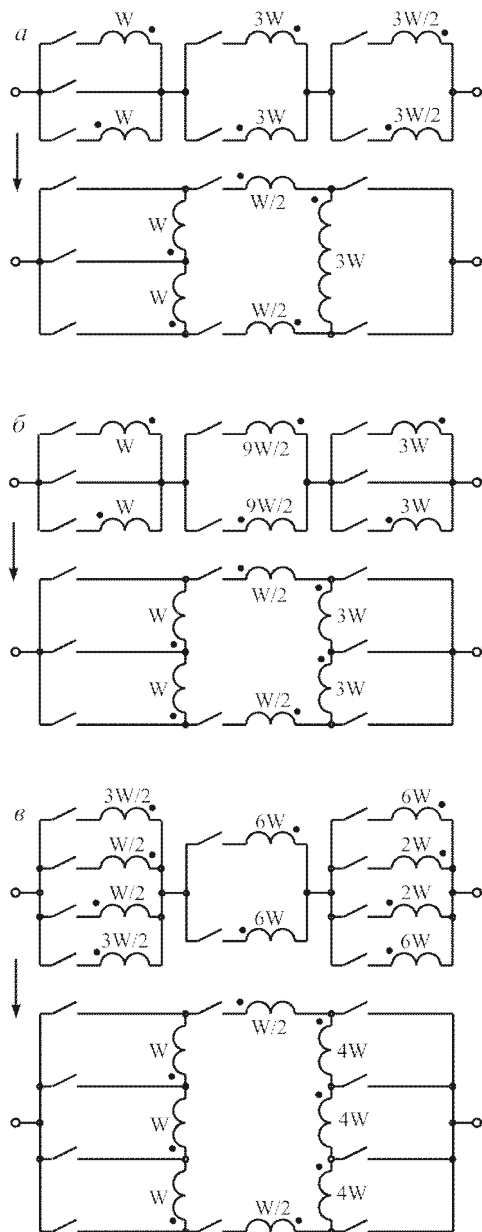


Рис. 6

Таблиця 2

Схема	N	J	ξ_{KE}	ξ_{TE}
рис. 3, б	5	6	1,2	1,67
рис. 4, б	6	8	1,33	1,75
рис. 6, а	7	12	1,91	1,87
рис. 5, б	8	16	2,0	1,67
рис. 6, б	8	18	2,25	1,89
рис. 6, в	10	22	3,21	1,94

3. Запропонований метод топологічного перетворення кіл з секціями обвитки ідеального трансформуючого елемента дозволяє синтезувати оригінальні ТКВС та реалізовувати трансформацію структур однієї групи у структуру інших груп.

Подальше вдосконалення регулювальних блоків ТКВС можливо при виборі первинного варіанту з трьома різнотипними базовими модулями (БМ-2, БМ-3 та БМ-4). На рис. 6 показано три типові вихідні структури, що містять, відповідно, 7, 8 і 10 ключових елементів, та отримані шляхом топологічного перетворення нові більш складні блоки. При цьому, при збереженні коефіцієнта ефективності використання KE на первинному рівні коефіцієнт ефективності використання регулювальних секцій обвитки АТ значно зростає, наближаючися до максимально можливої величини (див. табл. 2). Це є наслідком того, що у синтезованих блоках кількість секцій, що не беруть участь у максимальному додаванні (відніманні) напруги, зведено до однієї, при тому такої, що має найменшу кількість витків $W/2$ (де W – фактично, крок зміни кількості витків регулювальної частини обвитки АТ).

Запропоновані схемні рішення цієї групи охоплюють широкий спектр рівнів вихідної напруги ТКВС (від 12 до 32), що дозволяє вирішувати практично всі задачі лінійного регулювання напруги змінного струму з необхідною точністю.

Спільним для всіх нових оригінальних отриманих структур цієї групи (сьома колонка табл. 1) є дві топологічні особливості. По-перше, внаслідок того, що проміжним модулем у цій трійці завжди є БМ-2, всі регулювальні секції опиняються у єдиному колі, що містить дві частини секціонованої обвитки різної "ваги" та дві згадувані найменші секції. По-друге, при необхідності збільшення J відповідне збільшення N може відбуватися за рахунок збільшення кількості як менш "вагомих", так і більш "вагомих" секцій. Наприклад, у схемі рис. 6, в можна збільшити J до 40, додавши один KE та одну найменшу секцію (тоді будемо мати у першій – лівій – частині секціонованої обвитки $W+W+W+W$, а у другій – $5W+5W+5W$) або одну найбільшу секцію (тоді у першій частині обвитки залишається $W+W+W$, а у другій – $4W+4W+4W+4W$). В обох варіантах загальна кількість витків у всіх секціях збільшується від $15W$ до $19W$.

Завершуючи огляд відомих та запропонованих схемних рішень трансформаторно-ключових виконавчих структур, можна стверджувати, що проведена їхня систематизація дозволяє розробнику коректно підходити до вибору найсприятливіших варіантів силових блоків ефективних перетворювачів напруги змінного струму. Зазначимо, що сьогодні найбільш значне практичне впровадження знайшли ТКВС з єдиною секціонованою обвиткою трансформуючого елемента (перша та друга групи табл. 1) [1] та третій варіант ланцюгових ТКВС (п'ята група табл. 1) [5].

Висновки.

1. Трансформаторно-ключові виконавчі структури перетворювачів напруги змінного струму відзначаються великим розмаїттям схемотехнічних рішень.

2. При комплексуванні окремих модулів ТКВС з метою створення більш досконалих структур велике значення має черговість їхнього розташування.

1. *Липковский К.А.* Локальные средства стабилизации напряжения на электрорынке Украины // Энергетика и электрификация. – 2004. – №3. – С. 38–43.
Lipkovskii K.A. Local means of voltage stabilization on Ukrainian elektromarket // Energetika i elektrifikatsiia. – 2004. – №3. – P. 38–43. (Rus.)
2. *Липковский К.А.* Топологические преобразования трансформаторно-ключевых исполнительных структур дискретных регуляторов напряжения // Препринт АН УССР. Институт электродинамики; №564. – Киев, 1988. – 21 с.
Lipkovskii K.A. Topological conversion of transformer switching executive structures of discrete voltage regulators // Preprint Akademii nauk USSR. Institut Elektrodinamiki; №564. – Kyiv, 1988. – 21 p. (Rus.)
3. *Липковский К.А.* Трансформаторно-ключевые исполнительные структуры преобразователей переменного напряжения. – Киев: Наук. думка, 1983. – 216 с.
Lipkovskii K.A. Transformer switching executive structures of alternating current voltage converters. – Kyiv: Naukova dumka, – 1983. – 216 p. (Rus.)
4. *Липковский К.А., Халиков В.А., Осадчук А.С.* Стабилизатор переменного напряжения промышленной частоты 50 гц, 220 В // Техническая электродинамика. – 1995. – №3. – С. 72.
Lipkovskii K.A., Khalikov V.A., Osadchuk A.S. Alternating voltage stabilizer power frequency 50 Hz, 220V // Tekhnicheskaiia elektrodinamika. – 1995. – №3. – P. 72. (Rus.)
5. *Stemmler H., Güth G.* Der vollstatische querregler, eine neue möglichkeit zur leistungssteuerung in drehstromnetzen. // Brown Boveri Mitteilungen. – 1982. – Vol.69. – №3. – P. 73–78.

УДК 621.314

К.А.Липковский, докт. техн. наук,
Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев–57, 03680, Украина.

Систематизация трансформаторно-ключевых исполнительных структур преобразователей напряжения с ключевыми элементами в цепи силового тока.

Трансформаторно-ключевые исполнительные структуры как наиболее эффективные силовые блоки преобразователей напряжения переменного тока отличаются разнообразием топологических решений и нуждаются в своей систематизации. Предложено основным классификационным признаком считать место введения ключевых элементов, по которому все структуры разделены на два класса – с ключевыми элементами в одной из цепей силового тока и с их вынесением из этих цепей. Проведена систематизация первого из этих классов, который, в свою очередь поделен на семь групп. Для реализации синтеза отдельных вариантов разработан метод топологического преобразования электрических цепей с конечным множеством секций трансформирующего элемента и конечным множеством ключевых элементов с целью повышения эффективности использования этих элементов при реализации процессов преобразования напряжения. Библ. 5, табл. 2, рис. 6.

Ключевые слова: регулятор (стабилизатор) напряжения переменного тока, трансформаторно-ключевая исполнительная структура, топологическое преобразование.

К.О. Lypkivskiy,
Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
Peremogy, 56, Kyiv–57, 03680, Ukraine.

Systematization of transformer switching executive structures for voltage converters with switches in the load current circuit.

Transformer switching executive structures are known to have a variety of topological implementations, and their systematization is needed. It is proposed that the main classification criterion be the location of switching elements. The structures are divided by this criterion in two classes, one with switching elements located in the load current circuit, and the other with switching elements withdrawn from the load current circuit. The first class is systemized and divided into seven groups. A method of a topological conversion for electrical circuits with the finite set of sections of the transforming element and the finite set of swithching elements is devised. This method makes it possible to synthesize structures with increased usage of switching and transforming elements. References 5, tables 2, fiures 6.

Key words: alternating current voltage regulator (stabilizer), transformer switching executive structure, topological conversion.

Надійшла 05.01.2011
Received 05.01.2011