

Винахід стосується електротехніки, зокрема перетворювальної техніки.

Винахід може бути використаний в електроприводах змінного струму.

Відомі способи комутації струму в ключах двосторонньої провідності, що складаються з двох окремо керованих та проводячих у протилежних напрямках половин, матричних перетворювачів (МП), засновані на інформації про полярність струму навантаження [1,2] або інформації про співвідношення напруг мережі живлення [3,4]. У випадку відслідковування полярності вихідного струму [1,2] управління половинами ключів ведеться індивідуально для кожної полярності струму, що дозволяє здійснювати коректну комутацію (без струмів короткого замикання та викидів напруги на елементах схеми при розривах струму в індуктивності навантаження), якщо полярність струму навантаження (I_n) визначена однозначно. Якщо ж $I_n \approx 0$ або через спотворення I_n змінює полярність багатократно на половині періоду вихідної напруги, у [1,2] вводять паузи в керування ключами МП, вимикаючи або, навпаки, вмикаючи обидва ключі на час так званої "зони нечутливості". У першому випадку це призводить до перенапруг на елементах схеми, а у другому - до струмів короткого замикання через ключі. Для систем із значним відхиленням I_n від синусоїдальної форми ці способи незастосовні.

При використанні способів комутації, заснованих на інформації про співвідношення напруг мережі живлення [3,4], період напруги трифазної мережі розбивають на шість інтервалів, межі яких визначаються моментами порівняння між собою фазних напруг мережі, і підтримують постійно увімкненими половини всіх трьох підключених до фази навантаження ключів, які не створюють шляхів для проходження струму короткого замикання протягом поточного інтервалу мережі живлення [3], або половини тільки двох ключів, підключених до вхідних фаз з максимальною та мінімальною напругами для даного інтервалу [4]. Такий підхід дозволяє забезпечити для фази МП постійну наявність умовних зворотних діодів за аналогією з автономними інверторами напруги і дає можливість здійснювати комутацію ключів із паузою, тому що завжди є шлях для проходження струму обох полярностей.

Однак у моменти приблизної рівності фазних напруг, особливо якщо ці напруги спотворені (наприклад, в результаті проходження споживаного з мережі модульованого струму через фільтр) і неодноразово порівнюються при зміні інтервалів, настає невизначеність у фіксації меж інтервалів напруги мережі, і при вимиканні однієї та вмиканні другої половини ключів, які підлягають постійному вмиканню протягом інтервалу, вводять паузу на вмикання або, навпаки, вмикають на якийсь час обидві зазначені половини ключів.

Як і в способах за [1,2], це призводить до перенапруг або струмів короткого замикання. У випадку значних спотворень вхідних напруг ці способи незастосовні.

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого є спосіб комутації струму в ключах двосторонньої провідності, що складаються з двох окремо керованих і проводячих у протилежних напрямках половин, матричних перетворювачів з числом вхідних фаз, дорівнюючим або більшим за три, який полягає у тому, що при переведенні струму з увімкненого в обох напрямках ключа, підключеного до однієї вхідної фази, в ключ, підключений до іншої вхідної фази, на першому етапі комутації вмикають половину ключа, що вмикається, яка не створює шляху для проходження струму короткого замикання між першою і другою фазами для поточного співвідношення фазних напруг, на другому етапі - відключають однонаправлену з увімкненою на першому етапі половину ключа, що відключається, на третьому етапі - вмикають другу половину ключа, що вмикається, і на четвертому - відключають другу половину ключа, що відключається [5]. На часових інтервалах, де існує повна визначеність у співвідношенні напруг фаз, до яких підключені ключі, що перемикаються, такий покроковий алгоритм забезпечує абсолютно коректну комутацію струму.

Недоліком цього способу, як і попередніх, є неможливість уникнути струмів короткого замикання і перенапруг при приблизній рівності напруг фаз мережі, до яких підключені ключі, що беруть участь у комутації, особливо при спотвореннях кривих напруги.

В основу винаходу покладене завдання усунення струмів короткого замикання через ключі і перенапруг на елементах МП за рахунок виключення комутації між ключами, підключеними до фаз мережі живлення, для яких на даний момент часу неможливо однозначно визначити полярність напруги між ними.

Поставлене завдання вирішується завдяки тому, що відповідно до способу комутації струму ключами двосторонньої провідності, що складаються з двох окремо керованих і проводячих у протилежних напрямках половин, МП з числом вхідних фаз, дорівнюючим або більшим за три, який полягає у тому, що при переведенні струму з увімкненого в обох напрямках ключа, підключеного до однієї вхідної фази, в ключ, підключений до іншої вхідної фази, на першому етапі комутації вмикають половину ключа, що вмикається, яка не створює шляху для проходження струму короткого замикання між першою і другою фазами для поточного співвідношення фазових напруг, на другому етапі - відключають однонаправлену з увімкненою на першому етапі половину ключа, що відключається, на третьому етапі - вмикають другу половину ключа, що вмикається, і на четвертому - відключають другу половину ключа, що відключається, при потребі увімкнути один і вимкнути другий ключі, підключені до фаз мережі живлення, для яких на даний момент часу неможливо точно визначити полярність напруги між ними, здійснюють проміжну комутацію струму з ключа, який підлягає вимиканню, в ключ, підключений до третьої (четвертої і т.д.) фази мережі з екстремальним на даний момент значенням напруги, після чого переводять струм в потрібний ключ.

Поставлене завдання вирішується також і тим, що в ще одному варіанті способу комутації струму ключами двосторонньої провідності, кожен з яких складається з двох окремо керованих і провідних у протилежних напрямках половин, трифазно-трифазового МП з векторною широтно-імпульсною модуляцією (ВШІМ), який передбачає синтез просторових векторів вихідної напруги і вхідного струму протягом кожного циклу ВШІМ з нульових і ненульових стаціонарних векторів, з використанням розбивки періоду напруги мережі на шість інтервалів, межами яких є моменти зміни полярності вхідних фазових напруг, який полягає у переведенні струму навантаження МП з включеного в обох напрямках першого ключа, забезпечуючого приєднання навантаження до першої вхідної фази, у другий ключ, забезпечуючий приєднання навантаження до другої вхідної фази, відповідно до порядку покрокового переключення половин ключів, що задається поточним співвідношенням напруг для цих вхідних фаз, згідно з винаходом, при неможливості однозначного визначення

співвідношень напруг формують нульовий вектор одночасним включенням усіх ключів МП, приєднаних до третьої вхідної фази, яка являє собою фазу з екстремальною за модулем напругою усередині поточного інтервалу періоду напруги мережі, і тим самим здійснюють проміжну комутацію струму з першого ключа у третій ключ, забезпечуючи приєднання навантаження до вищезгаданої фази з екстремальною за модулем напругою, після чого переводять струм у другий ключ.

При цьому переважно при почерговому використанні для формування ненульових векторів двох вхідних лінійних напруг, максимальних за модулем усередині поточного інтервалу періоду напруги мережі, нульові вектори групують за ознакою формування з однієї і тієї ж вхідної лінійної напруги і розміщують між цими групами за часом формування нульовий вектор, а при сполученні циклів ВШІМ формують останній вектор попереднього і перший вектор наступного циклів з однієї і тієї ж вхідної лінійної напруги.

Порівняльний аналіз з відомими технічними вирішеннями показує, що запропонований спосіб відрізняється від відомих тим, що дозволяє виключити комутації струму між ключами МП, підключеними до фаз мережі живлення, для яких на даний момент часу неможливо однозначно визначити полярність напруги між ними, як для скалярного алгоритму формування вихідної напруги, так і для векторної ШІМ, завдяки чому комутації стають абсолютно безпечними щодо струмів короткого замикання через ключі та перенапруг на елементах схеми, причому при його використанні в МП з ШІМ, кожен такт якої містить нульову компоненту, він не потребує додаткових перемикачів ключів і, отже, не призводить до збільшення динамічних втрат.

У відомих технічних вирішеннях подібних ознак не виявлено. На підставі вищевикладеного можна зробити висновок про те, що сукупність суттєвих ознак, викладених у формулі винаходу, є необхідною і достатньою для досягнення забезпечуваного винаходом нового технічного результату.

На фіг.1 зображена принципова схема силової частини n -фазно-однофазного МП; на фіг.2 - фрагмент часової діаграми напруг живлення для пояснення реалізації запропонованого способу за п.1 для випадку, коли $n=3$; на фіг.3 - принципова схема силової частини трифазно-трифазного МП; на фіг.4 - часова діаграма напруг живлення трифазно-трифазного МП; на фіг.5 - діаграма використовуваних стаціонарних векторів при формуванні просторового вектора вихідної напруги МП; на фіг.6-9 - векторні діаграми, що пояснюють можливі варіанти порядку чергування стаціонарних векторів у процесі формування просторового вектора вихідної напруги протягом одного циклу ШІМ, а також при переході від одного циклу до іншого; на фіг.10 - приклад функціональної схеми пристрою для реалізації запропонованого способу за п.2.

Розглянемо реалізацію запропонованого способу комутації струму на прикладі n -фазно-однофазної схеми МП (фіг.1) і трифазно-трифазної схеми МП з векторною НІМ (фіг.3 і фіг.10).

МП (фіг.1) містить n ключів 1 двосторонньої провідності (1.1-1. n), які складаються з окремо керованих половин 2 (2.1-2. n), що проводять струм від вхідних фаз А, В, С,... n до навантаження Z, і окремо керованих половин 3 (3.1-3. n), що проводять струм у протилежному напрямку. Конфігурація ключа з двох з'єднаних емітерами IGBT-транзисторів з паралельно увімкненими зворотними діодами обрана як одна з можливих і принципового значення для пояснення запропонованого способу не має.

Трифазно-трифазний МП (фіг.3) містить дев'ять ключів двосторонньої провідності 1.1-1.9, що складаються з половин 2.1 - 2.9 і 3.1 - 3.9, і наведений для пояснення запропонованого способу комутації струму при використанні в МП з векторною ШІМ.

На часовій діаграмі напруг живлення трифазно-трифазного МП (фіг.4) період напруги розбитий на шість інтервалів, межами яких є моменти зміни полярності вхідних фазних напруг. Інтервали позначені цифрами трирозрядного двійкового коду: 101, 100, 110, 010, 011, 001; кожний розряд означає полярність відповідної фазної напруги фаз АВС у порядку старшинства розрядів ("1" - позитивна, "0" - негативна). Наприклад, для інтервалу 101 $u_A > 0$, $u_B < 0$, $u_C > 0$.

Діаграма на фіг.5 зображує просторовий вектор вихідної напруги МП і стаціонарні вектори, що використовуються для його синтезу на циклі ШІМ, для конкретного моменту часу t_n (фіг.4). Позначення 4.1-4.6 відповідають векторам, що формуються з однієї лінійної напруги на даному інтервалі, а позначення 5.1-5.6 - векторам, що формуються з іншої лінійної напруги. Позначення 6 відповідає нульовому вектору. Позначення 7 відповідає просторовому вектору вихідної напруги МП, а 7.1 і 7.2 - його складовим за напрямками стаціонарних векторів (4.1, 5.1 і 4.2, 5.2), що утворюють межі 60-градусного сектора, в якому розташований вектор 7. Шість секторів на векторній діаграмі позначені римськими цифрами I-VI. На векторних діаграмах (фіг.6-9), що пояснюють можливі варіанти порядку чергування стаціонарних векторів у процесі формування просторового вектора вихідної напруги протягом одного циклу ШІМ, а також при переході від одного циклу до іншого, позначення 4.1, 4.2 стосуються векторів, що формуються з однієї лінійної напруги, а позначення 5.1, 5.2 - векторів, що формуються з іншої лінійної напруги на даному часовому інтервалі. Функціональна схема пристрою для реалізації запропонованого способу в МП з векторною ШІМ (фіг.10) включає в себе контролер 8, виконаний, наприклад, на базі сигнального процесора. Контролер 8 містить блок 9 формування завдання, сполучений з входом 10 модулятора 11, другий вхід 12 якого підключений до трифазного дачача 13 напруги, під'єднаного до вхідної мережі живлення 14. Виходи 15-17 контролера сполучені з входами програмованої логічної матриці 18, виходи 19 якої з'єднані з входами схеми 20 драйверів. Виходи 21 схеми 20 драйверів підключені до силового блоку 22 МП, виходи якого у свою чергу сполучені з навантаженням 23, наприклад, асинхронним двигуном.

Для n -фазно-одвофазного МП (фіг.1), ключі якого перемикаються за довільним алгоритмом, комутація струму за способом, що пропонується, здійснюється наступним чином. Якщо потрібно вимкнути увімкнений в обох напрямках один ключ (1.1) і увімкнути інший ключ (1.2) у момент часу t_0 (часова діаграма напруг живлення на фіг.2), то комутація здійснюється за способом прототипу: вмикання 2.2 - вимикання 2.1 - вмикання 3.2 - вимикання 3.1, тому що в момент t_0 існує визначеність у співвідношенні u_A і u_B ($u_A > u_B$). Якщо наведену вище комутацію струму з одного ключа (1.1) в другий ключ (1.2) необхідно здійснити на інтервалі t_1-t_2 (діаграма на фіг.2), особливо при значних спотвореннях кривих u_A і u_B , тобто за відсутності відзначеної вище визначеності у співвідношенні напруг, то перемикання здійснюють у наступному порядку: вмикання 2.3 - вимикання 2.1 - вмикання 3.3 - вимикання 3.1, вмикання 3.2 - вимикання 3.3 - вмикання 2.2 - вимикання 2.3.

Таке перемикання абсолютно безпечно з точки зору струмів короткого замикання через ключі та перенапруг на ключах, тому що на інтервалі t_1-t_2 однозначно витримуються співвідношення $u_A > u_C$ і $u_B > u_C$.

Наведене додаткове перемикання універсальне і застосовне за будь-яких алгоритмів формування вихідної напруги МП, але викликає збільшення числа комутацій ключів і, як наслідок, динамічних втрат. При використанні ж запропонованого способу комутації в МП з векторною ШІМ можна організувати алгоритм формування просторового вектора вихідної напруги МП таким чином, що всі перемикання будуть функціонально доцільними і не призведуть до додаткових динамічних втрат.

Суть методу векторної ШІМ у МП (фіг.3-9) полягає у формуванні просторових векторів вихідної напруги і вхідного струму, годографи яких описують кола, при цьому просторовий вектор вхідного струму обертається синхронно з просторовим вектором напруги живлення. Просторовий вектор визначається як середнє значення за один цикл ШІМ - тобто період несучої частоти. Як правило, просторовий вектор вихідної напруги одержують в результаті його синтезу з п'яти так званих стаціонарних векторів - одного нульового і чотирьох ненульових [6], розташованих на площині попарно уздовж меж секторів I-VI шестигранника (фіг.5). Наприклад, при розташуванні просторового вектора вихідної напруги 7 у секторі I для його синтезу використовуються вектори 4.1, 5.1 (одержання складової 7.1), 4.2, 5.2 (одержання складової 7.2) і нульовий вектор 6. Тривалість використання кожного з них визначається законом ШІМ і обчислюється для даного циклу, виходячи з потрібного значення просторового вектора вихідної напруги та поточного співвідношення напруг мережі живлення. Тривалість використання нульового вектора доповнює сумарну тривалість до періоду несучої частоти ШІМ. Для формування ненульових векторів використовуються навперемінно дві з трьох лінійних напруг мережі живлення, миттєві значення яких на даний момент максимальні за модулем порівняно з третьою. Так, на інтервалі, позначеному 101 на часовій діаграмі (фіг.4), такими лінійними напругами є u_{CB} і u_{AB} , на інтервалі 100 - u_{AB} і u_{AC} і т. д. Це означає, що фаза мережі, напруга якої максимальна за модулем і відрізняється за знаком від двох інших фазних напруг для поточного інтервалу періоду мережі живлення (наприклад, u_B на інтервалі 101), використовується при формуванні кожного з ненульових векторів 4.1-4.6 і 5.1-5.6, а інші фази - тільки 4.1-4.6 або 5.1-5.6. Амплітуда ненульового вектора дорівнює 2/3 від миттєвого значення лінійної напруги, з якої він сформований. Нульовий вектор утворюється при підключенні всіх вихідних фаз МП до однієї і тієї ж фази мережі живлення.

Черговість формування п'яти векторів на циклі ШІМ в принципі може бути довільною з точки зору одержання у результаті бажаного просторового вектора вихідної напруги МП. Критеріями для вибору тієї або іншої стратегії чергування можуть бути оптимізація числа комутацій, мінімальних тривалостей протягом циклу ШІМ, гармонічного складу вхідного струму тощо. Покажемо, як використовується запропонований спосіб у МП на прикладі описаної вище векторної ШІМ.

Кожному з вищезгаданих стаціонарних векторів відповідає певний стан МП, що описується комбінацією увімкнених ключів. Так, у певний момент часу t_1 на інтервалі 101 (фіг.4), наприклад, стаціонарному вектору 4.1 відповідає комбінація ключів 1.1, 1.5, 1.8 (фіг.3); стаціонарному вектору 5.2 - комбінація ключів 1.3, 1.6, 1.8 (фіг.3) і т. д. При переході з одного стану (вектор 4.1) до іншого (вектор 5.2) у середині інтервалу 101 (фіг.4), коли порівнюються між собою фазні напруги фаз А та С і, відповідно, амплітуди чотирьох векторів 4.1, 5.1, 4.2, 5.2, виникає невизначеність у черговості перемикань половин ключів 1.1 і 1.3 (фіг.3). Крім того, при переходах до нульового вектора з вищезгаданих станів, коли нульовий вектор формується одночасним вмиканням ключів, підключених до фаз А або С, тобто ключів 1.1, 1.4, 1.7 або 1.3, 1.6, 1.9 (фіг. 3), також виникає відзначена невизначеність для ключів 1.1 і 1.3, 1.4 і 1.6 (фіг.3). Коректні комутації у середині інтервалу 101 (фіг.4) можливі тільки між ключем 1.2 (1.5, 1.8) і будь-яким іншим у кожній фазі МП. Таким чином, для реалізації запропонованого способу необхідно:

- 1) спочатку сформувати ненульові вектори з однієї лінійної напруги, що відповідає, наприклад, напрузі u_{AB} на інтервалі 101 (фіг.4) і амплітудам векторів 4.1 та 4.2 на векторній діаграмі (фіг.5) (комбінації ключів 1.1, 1.5, 1.8 і 1.1, 1.4, 1.8 на фіг.3);

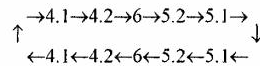
- 2) потім сформувати нульовий вектор одночасним вмиканням всіх ключів, підключених до тієї фази мережі, напруга якої максимальна за модулем і відрізняється за знаком від двох інших фазних напруг для поточного інтервалу періоду мережі живлення. Для розглянутого інтервалу 101 (фіг.4) такою фазою є фаза В, а ключами, що вмикаються, - 1.2, 1.5, 1.8;

- 3) на завершальному етапі циклу ШІМ сформувати ненульові вектори з іншої лінійної напруги u_{CB} (фіг.4), що визначає амплітуди векторів 5.1 і 5.2 на векторній діаграмі (фіг.5) (комбінації ключів 1.3, 1.5, 1.8 і 1.3, 1.6, 1.8 на фіг.3);

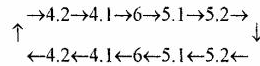
- 4) при переході до наступного циклу ШІМ на поточному інтервалі 101 (фіг.4) розпочати формування не нульових стаціонарних векторів з напруги u_{CB} , тобто векторів 5.1 або 5.2. Якщо при цьому одночасно здійснюється перехід просторового вектора вихідної напруги МП в інший сектор (наприклад, з I в II на фіг.5). то на першому етапі циклу ШІМ формуються не нульові вектори 5.2 або 5.3.

Можливі варіанти чергування чотирьох ненульових і одного нульового векторів наведені на фіг.6-9 для розташування просторового вектора вихідної напруги МП у секторі I (фіг.5). Штрихові лінії символізують траєкторії переходів від одного стаціонарного вектора до іншого. По закінченні одного циклу ШІМ можна реверсувати напрямом обходу векторів на наступному циклі, тобто чергувати їх у зворотному порядку порівняно з попереднім.

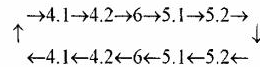
Для фіг. 6:



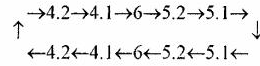
Для фіг. 7:



Для фіг. 8:



Для фіг. 9:



Інші припустимі варіанти можуть бути одержані поєднанням комбінацій з чотирьох основних (фіг.6-9), наприклад, Фіг.8 і Фіг.9:



При зміні інтервалів періоду напруги мережі живлення (фіг.4) формування ненульових стаціонарних векторів на першому етапі початкового циклу ШІМ нового інтервалу не прив'язане до конкретної лінійної напруги, тому що на межах інтервалів можна цілком певно зробити висновок про співвідношення напруг фаз мережі. Всередині ж інтервалу і аж до його закінчення діє сформульоване вище правило чергування векторів.

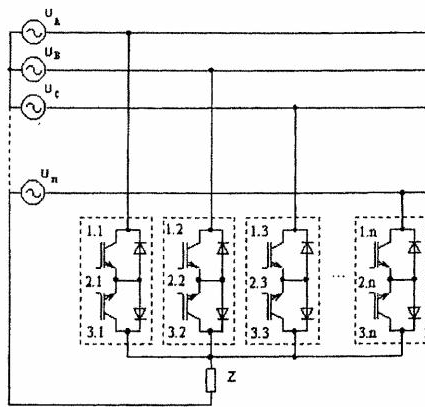
Таким чином, усі перемикання ключів МП несуть на собі функціональне навантаження для формування потрібного просторового вектора вихідної напруги і водночас здійснюються при повній визначеності співвідношення фазних напруг мережі для комутованих ключів.

Розглянемо реалізацію запропонованого способу на прикладі схеми на фіг.10. Блок 9 контролера 8 формує координати необхідного просторового вектора вихідної напруги МП, які надходять на вхід 10 модулятора 11. На другий вхід 12 модулятора 11 надходять сигнали давача 13 напруг мережі живлення 14. Модулятор 11 на основі вхідних сигналів ідентифікує поточний часовий інтервал напруги мережі, поточний сектор розташування заданого просторового вектора вихідної напруги, розраховує необхідні для реалізації закону НІМ тривалості кожного стану МП і з початком чергового циклу ШІМ виробляє в реальному масштабі часу імпульси відповідних тривалостей. Ці широтно-модульовані імпульси з виходу 15, а також коди поточного часового інтервалу напруги мережі з виходу 16 і поточного сектора просторового вектора вихідної напруги МП з виходу 17 подаються на входи програмованої логічної матриці 18. У матриці 18 формуються і розподіляються по вісімнадцяти каналах імпульси керування половинами ключів 2.1-2.9 і 3.1-3.9 (фіг.3). У так званих статичних станах МП, тобто між комутаціями, увімкнені обидві половини проводячих ключів, у динамічних станах, тобто при переходах з одного статичного стану до іншого, у матриці 18 реалізується покрокова стратегія комутації транзисторів. Черговість статичних станів і переходи від одного стану до іншого відповідають запропонованому способу. Вихідні сигнали матриці 18 з виходу 19 надходять у схему 20 драйверів, де здійснюється гальванічна розв'язка, забезпечуються захисні заходи, підсилюються і узгоджуються за параметрами з транзисторами імпульси керування ними. З виходу 21 схеми 20 драйверів імпульси керування подаються безпосередньо на транзистори силового блоку 22 МП, навантаженого, наприклад, на асинхронний двигун 23.

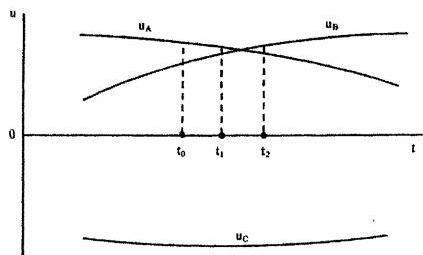
Таким чином, при використанні запропонованого способу, на відміну від прототипу, під час комутацій струму виключається необхідність враховувати зону нечутливості при порівнянні між собою напруг мережі живлення, завдяки чому є можливість повністю усунути проходження струмів короткого замикання через комутовані ключі та перенапруги на елементах схеми навіть при дуже сильних спотвореннях кривих вхідної напруги.

Джерела інформації:

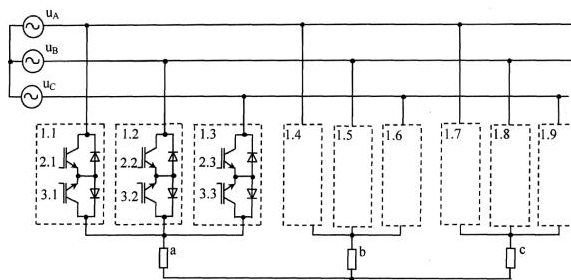
1. P. Wheeler, D. Grant, "Optimized input filter design and low-loss switching techniques for a practical matrix converter", in IEE Proc.-Electr. Power Applicat., vol.144, no.1, pp 53-60, Jan. 1997.
2. Patent US 5594636, H02M 5/20; H02M 5/257, Matrix converter circuit and commutation method/ C.D. Shauder, - Publ, Jan. 14, 1997.
3. M. Ziegler, W. Hofmann, "Semi natural two steps commutation strategy for matrix converter", in Rec. 29th Annual IEEE meeting, PESC'98, 1998, vol.1, pp. 727-731.
4. J.H. Youw, B.H. Kwon, "Switching technique for current controlled AC-to-AC converters", IEEE Tram. Ind Electron., vol. 46, no. 2, pp. 309-318, April 1999.
5. L. Mazet, H. Boulant, J-J Huselstein, C. Glaize, "Switching control in three phase matrix converters by discrimination of command orders", in Proc. PEMC'98, vol 2, Prague, Czech Republic, 1998, pp.2-64 - 2-67.
6. L. Zhang, C. Watthanasarn, W. Shepherd, "Analysis and implementation of a space vector modulation algorithm for direct ac-ac matrix converter", EPE Journal, vol.6, no.1, pp.7-15, May 1996



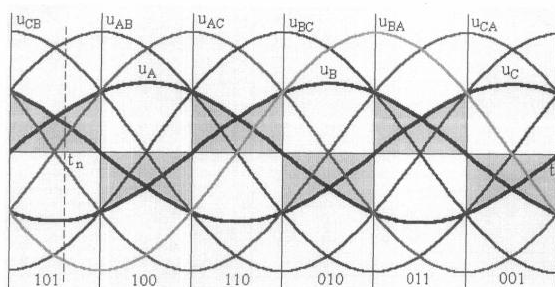
Фиг. 1



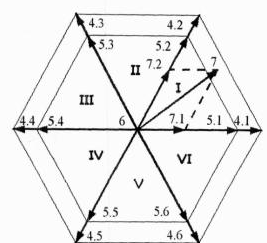
Фиг. 2



Фиг.3



Фиг. 4



Фиг.5

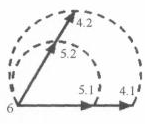


Fig. 6

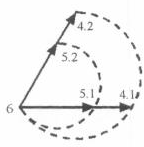


Fig. 7

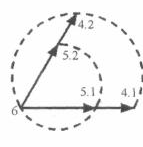


Fig. 8

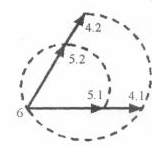


Fig. 9

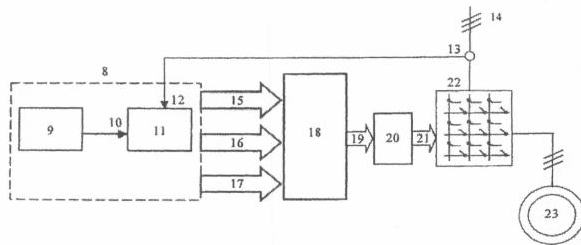


Fig. 10