

Секція: Технічні науки

Хмарський Олександр Олександрович

студент кафедри електричних мереж та систем

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

м. Київ, Україна

ЕЛЕМЕНТИ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ В ЗАСОБАХ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ

Застосування тиристорів у перемикальних пристроях засобів регулювання напруги характеризується великою надійністю, бездуговою та нерозривною комутацією і є доцільним на всіх типах існуючих перемикальних пристроїв засобів регулювання напруги. Вони дають змогу позбавитися недоліків механічного перемикаючого пристрою, насамперед низьких швидкодії та ресурсу. За допомогою напівпровідникових пристроїв можна здійснювати комутацію без спотворень синусоїди напруги у момент переходу через нуль та позбутися «дискретності» звичайних механічних перемикальних пристроїв.

Використання тиристорів відбувається за двома основними напрямками: перший – як силові комутуючі елементи для полегшення процесів комутації, другий – для плавного регулювання напруги.

Ну рисунку 1 зображено обмотки трансформатора з відгалуженнями та тиристорним комутатором.

З'єднання обмоток зіркою виконується групою тиристорів шляхом подачі керуючого сигналу на їхні керуючі електроди. При переході на сусіднє відгалуження комутація струму здійснюється без розриву кола головного струму та без закорочування секції [1, с. 3-9] Повне число

тиристорів в комутаторі дорівнює потроєній кількості відгалужень в одній фазі трансформатора .

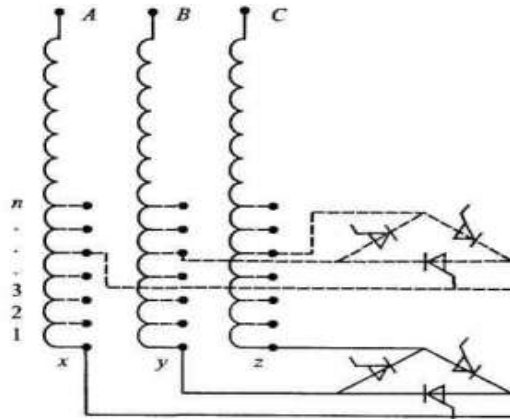


Рис. 1. Тиристорний комутатор відгалужень трансформатора

Для трансформаторів 110/35 кВ з 19 відгалуженнями використовується до 57 керованих тиристорів. Використання симетричних тиристорів як вимикачів дає змогу знизити кількість напівпровідникових приладів. Завдяки цьому кількість тиристорів зменшується на третину та схема їх вмикання буде складатися з двох симісторів (Рис. 2).

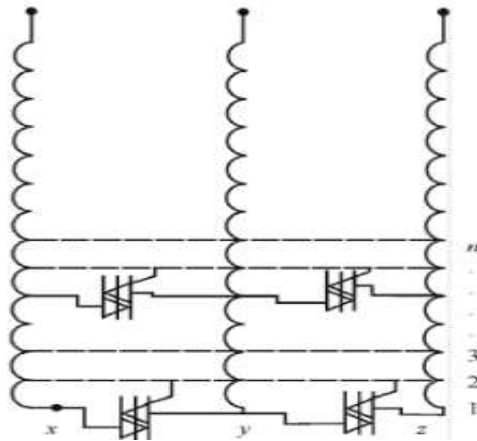


Рис. 2. Симісторний комутатор відгалужень трансформатора

Напівпровідникові пристрої досить швидко поширюються в сучасній електроенергетиці, зокрема здійснюють заміну контакторних комутаторів у діючих пристроях регулювання під навантаженням (РПН) на тиристорні. Існують гібридні комутуючі пристрої, які об'єднують переваги механічних і напівпровідникових пристроїв та мають суттєво менші габарити. У разі ж

пошкодження тиристорного блоку робота пристрою РПН переходить в режим звичайного механічного пристрою. Тиристири застосовується як механічні синхронізатори, що забезпечують розмикання контактів у момент переходу струму через нуль та перешкоджають руйнуючій дії електричної дуги [2, с. 105-107].

Розглянемо застосування напівпровідникових пристроїв в сучасних засобах регулювання напруги, до яких належать і фазоповоротні трансформатори (ФПТ). Враховуючи режим роботи, рівні комутованих струмів та напруг для побудови комутаторів фазоповоротних пристроїв застосовуються одноопераційні тиристири, які широко використовуються в різних пристроях, об'єднаних однією назвою – *гнучкі системи передачі змінного струму*, що відповідає англomовній аббревіатурі FACTS. Структура ФПТ включає три основні частини (Рис. 3): шунтовий (паралельний) трансформатор Т1, послідовний трансформатор Т2 і тиристорний комутатор УТ.

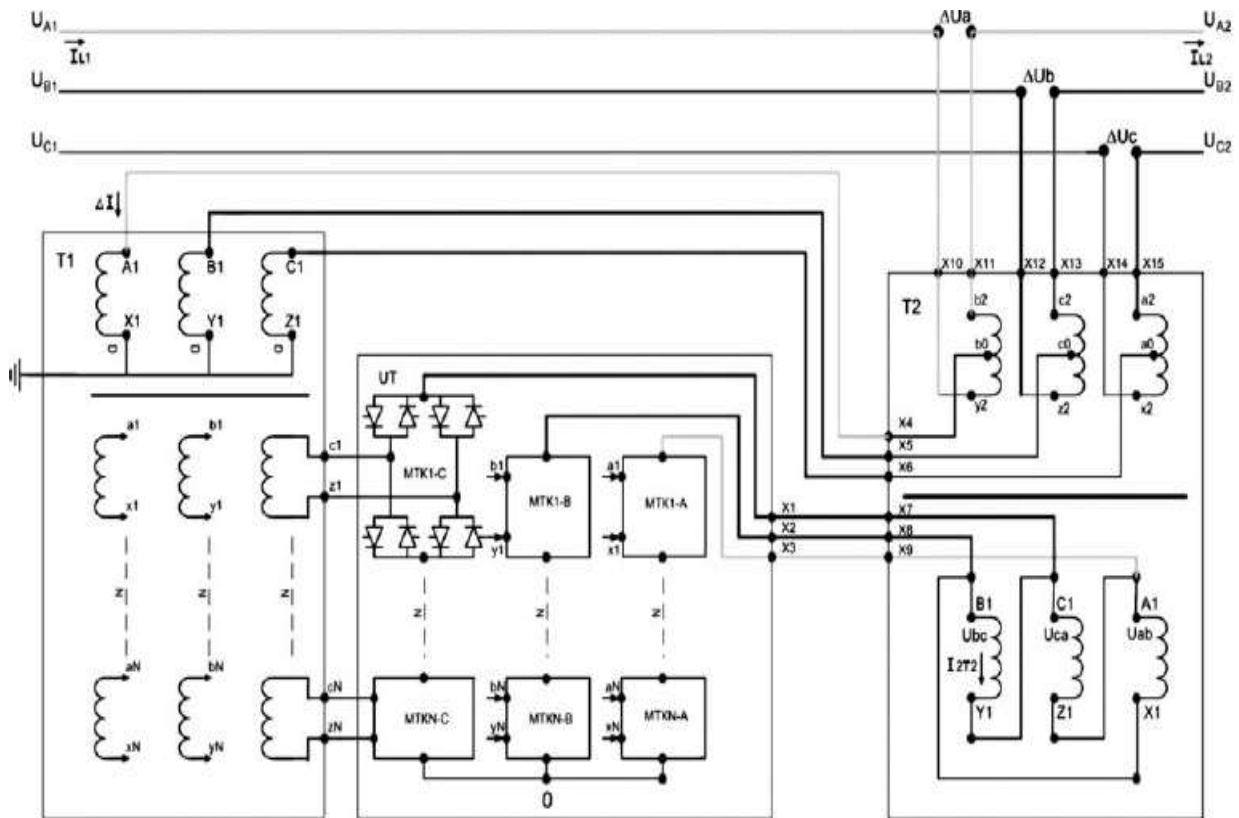


Рис. 3. Функціональна схема ФПТ з тиристорним комутатором

Фазовий зсув на виході пристрою формується шляхом підключення (комбінації) різного числа секцій вторинних обмоток шунтового трансформатора ($aN-xN$, ..., $cN-zN$), що мають різні вихідні напруги, до первинних обмоток послідовного трансформатора ($B1-Y1$, $C1-Z1$, $A1-X1$) за допомогою тиристорних мостів комутатора (МТК).

Керування фазовим зсувом вихідної напруги ФПТ здійснюється зміною стану тиристорних мостів. Можливі стани тиристорних мостів комутатора показано на рис. 4.

Кожне плече моста має два зустрічно включені тиристорні ключі, що забезпечує можливість двосторонньої провідності струму первинної обмотки послідовного трансформатора.

При одночасному включенні вертикальних плечей однієї сторони тиристорного мосту (рис. 4, а) комутована ним секція вторинної обмотки шунтового трансформатора виключається з контуру протікання струму моста і не бере участі в процесі формування вихідної напруги ФПТ. Діагональна комутація плечей дає змогу вмикати відповідну секцію вторинної обмотки шунтового трансформатора в контур первинної обмотки послідовного трансформатора узгоджено (рис. 4, б) та зустрічно (рис. 4, в).

Такий мостовий комутатор дає змогу за незмінної потужності і конструкції електромагнітних елементів ФПТ забезпечувати симетричне формування як додатних, так і від'ємних кутів фазового зсуву. Інші комбінації ввімкнення плечей мостів неприпустимі, оскільки призводять до короткого замикання секції вторинної обмотки шунтового трансформатора [3].

Сукупність розглянутих особливостей ФПТ з тиристорними комутаторами, включаючи високу швидкодію, високу дискретність зміни фазового зсуву та підвищену надійність, дає змогу формувати практично будь-який закон зміни фазового зсуву напруги на виході ФПТ [4].

Отже, заміна електромеханічного перемикача відгалужень обмотки шунтового трансформатора на напівпровідниковий комутатор призводить до якісної зміни характеристик ФПТ. Під час проектування таких пристроїв мають використовуватися елементи силової електроніки та цифрові системи керування. Вони, в кінцевому підсумку, і визначають високий результуючий техніко-економічний ефект.

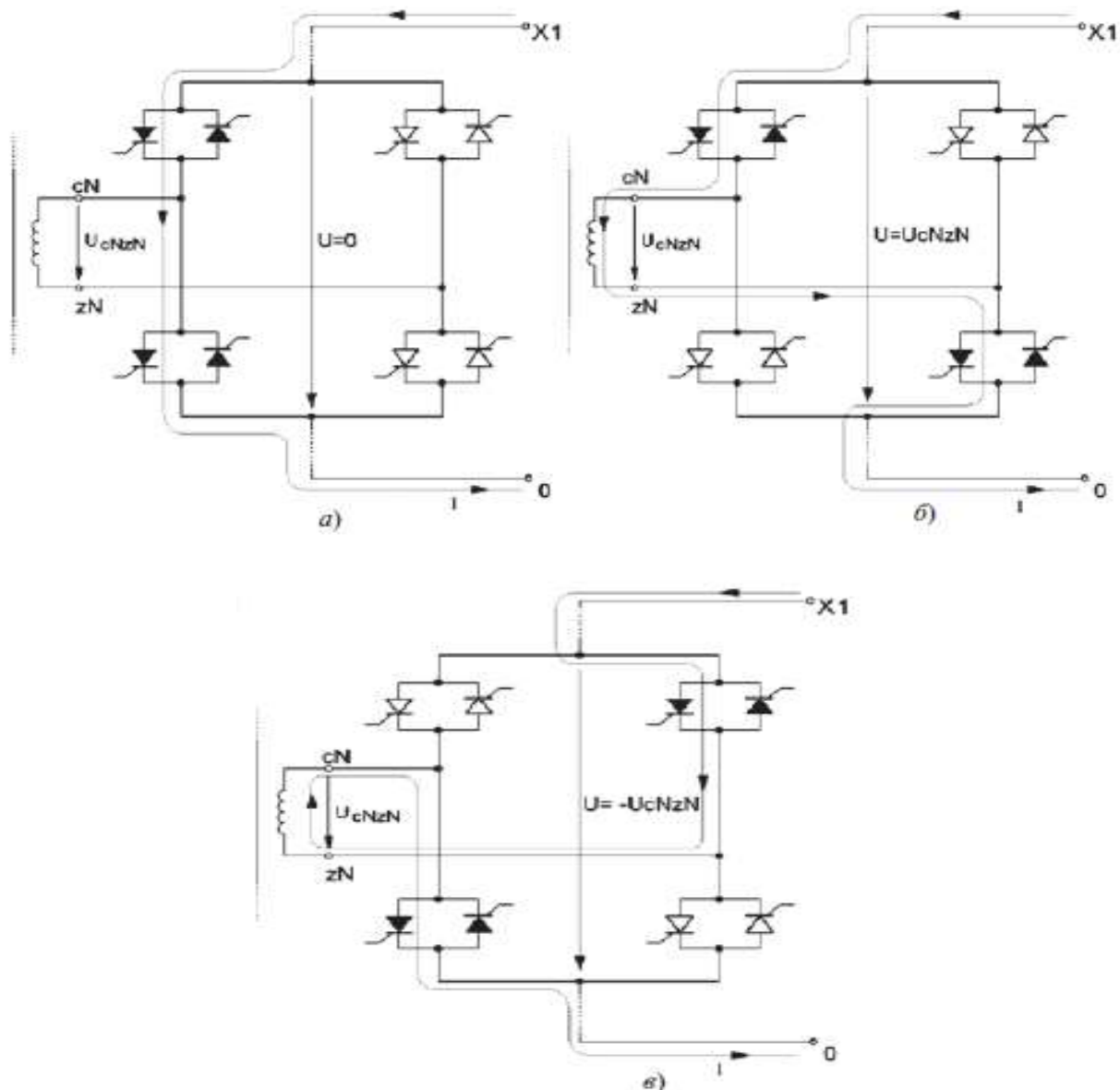


Рис. 4. Стани тиристорних мостів ФПТ:

а) одночасне включення вертикальних плечей однієї сторони тиристорного мосту; б) узгоджена діагональна комутація плечей; в) зустрічна діагональна комутація плечей

Застосування засобів силової електроніки в пристроях регулювання напруги забезпечує плавність та безинерційність регулювання напруги та значно менші габарити та вагу, ніж звичайні перемикальні пристрої трансформаторів. Витрати на тиристорний блок та зміни в перемикальному пристрої є цілком виправданими, оскільки окупаються механічною довговічністю пристрою, відсутністю забруднення оливою та іншими деталями, а також розташуванням блоку позаду баку трансформатора, що полегшує перевірку пристрою та знижує витрати на обслуговування.

Отримати максимальний ефект від використання ФПТ з тиристорними комутаторами в електроенергетичній системі (ЕЕС) можливо, якщо використовувати інформацію від сучасних систем моніторингу процесів в ЕЕС, до яких належить, наприклад, комплекс «Регіна» [5, с. 46-49]. Такі системи дають змогу оперативно контролювати структуру та параметри режиму як магістральних мереж, так і розподільних, забезпечуючи можливість визначення в режимі квазіреального часу адекватних дій з керування, зокрема і дій щодо керування станом ФПТ.

Література

1. Шидловський А.К., Липківський К.О. Стратегії та апаратні засоби управління пристроями силової електроніки // Технічна електродинаміка. Спец. випуск. 2002. С. 3-9.
2. Шестеренко В.Є. Тиристорні перетворювачі на харчових виробництвах // Наук. праці УДУХТ. 2000. № 6. С. 105-107.
3. Рашитов П.А., Ремизевич Т.В. Анализ режимов коммутации тиристорного моста переменного тока в среде PSpice // Силовая электроника. 2010. № 3. URL: www.power-e.ru

4. Ремизевич Т., Рашитов П. Особенности управления полупроводниковым ФПУ со средней точкой // Силовая электроника. – 2011. № 1. С. 78-82.
5. Буткевич О.Ф., Тутик В.Л. Моніторинг та діагностування електроенергетичних об'єктів та систем України на базі комплексів "Регіна" // Гідроенергетика України. 2010. № 3. С. 46-49.