

І.І. Соловійова

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВЕНТИЛЬНИХ КОМПЕНСАТОРІВ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Вступ. Безперервне зростання потужності споживачів зі швидкозмінним, несиметричним і нелінійним навантаженнями призводить до значного спотворення форми кривих струму та напруги і відповідно до збільшення неактивних складових повної потужності.

Традиційні компенсаційні пристрої, що володіють низькою швидкодією та точністю відтворення керуючих впливів, не дозволяють швидко й точно розвантажити живильну мережу від неактивних складових повної потужності. Внаслідок цього збільшуються втрати в мережі, погіршується ефективність передачі й споживання електроенергії через необхідність пропорційного зниження споживання активної потужності, а також електромагнітна сумісність різних споживачів. При складному характері амплітудного спектру гармонік, коли з'являються дробові гармоніки, застосування фільтрокомпенсуючих пристроїв стає неефективним.

Одним із ефективних та перспективних напрямів компенсації неактивних складових повної потужності в нелінійних і несиметричних системах зі швидкозмінним реактивним навантаженням є застосування вентильних компенсаторів.

Мета роботи — порівняльний аналіз існуючих вентильних компенсаторів неактивних складових повної потужності, які можна поділити на компенсатори реактивної потужності, як найбільш поширений вид вентильних компенсаторів; компенсатори потужності спотворення, що одержали назву "активні фільтри"; компенсатори всіх неактивних складових повної потужності.

Матеріали й результати дослідження. Найбільш простими пристроями для компенсації реактивної потужності є конденсатори, що комутуються тиристорами (ККТ), і реактори, керовані тиристорами (РКТ).

У тому випадку, коли компенсатор повинен додати в живильну мережу тільки ємнісний реактивний струм, використовують комутацію груп конденсаторів за допомогою паралельно з'єднаних тиристорів, як це показано на рис. 1.

Переваги такого компенсатора — простота, недоліки — дискретність регулювання величини реактивної потужності, що видається в живильну мережу, і певна затримка підключення чергових ступенів, що можливо не раніше найближчого максимуму напруги мережі.

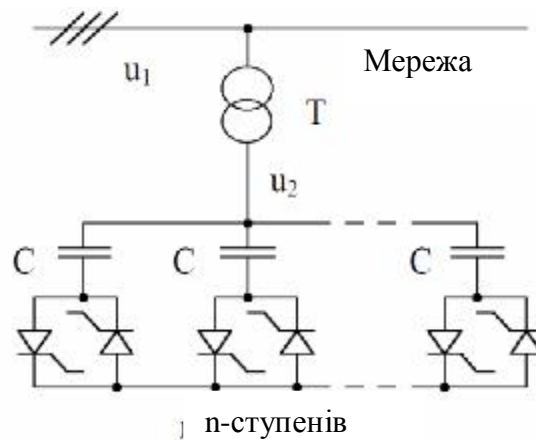


Рис. 1. Конденсатори, що комутуються тиристорами (ККТ)

У тих випадках, коли в мережах або лініях електропередачі потрібна компенсація їхніх ємнісних струмів, використовують компенсатор індуктивної реактивної потужності у вигляді реактора, регульованого зустрічно-паралельними тиристорами. Схема такого компенсатора зображена на рис. 2. При регулюванні кута α плавно, але нелінійно від α , змінюється величина першої гармоніки струму компенсатора, але з'являються вищі гармоніки струму непарного порядку 3, 5, 7, 9, 11, 13 ...

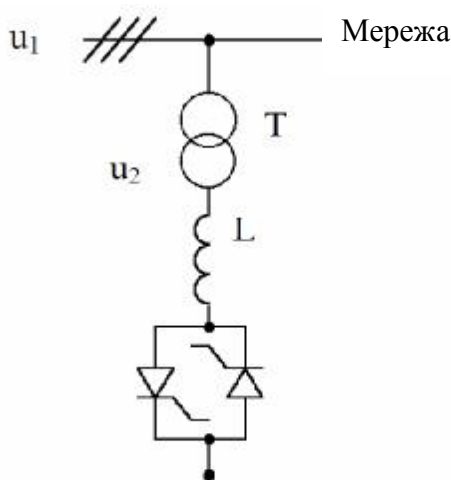


Рис.2. Реактори, керовані тиристорами (РКТ)

Для виключення гармонік у струмі, кратних трьом у трифазних мережах, зазначені компенсатори з'єднують у зірку без нульового проводу. Тоді форма струму компенсатора стає в кожній напівхвилі двоімпульсною. При цьому зникає можливість роздільного регулювання реактивних потужностей за кожною фазою живильної мережі, тобто компенсатор втрачає здатність компенсувати реактивні потужності несиметрії у кожній фазі (по перших гармоніках).

Інша можливість керувати напругою на реакторі, а виходить, і його струмом пов'язана з приєднанням реактора в коло постійного струму на виході випрямляча, як це показано на рис. 3 для випадку трифазного компенсатора. Один реактор для кола постійного струму виготовити дешевше, ніж три реактори для кола змінного струму, але при цьому знову зникає можливість пофазного регулювання реактивних потужностей у трифазній мережі.

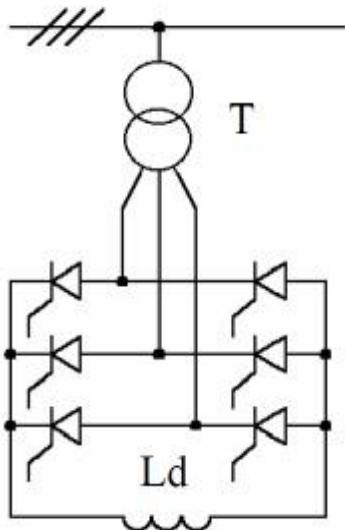


Рис.3. Трифазний компенсатор, виготовлений на базі РКТ

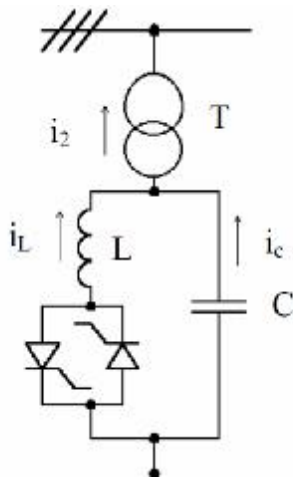


Рис. 4. Конденсаторно-реакторні компенсатори реактивної потужності трифазних мереж за однофазними схемами при самостійному керуванні кожним з реакторів можна використовувати їх і для компенсації реактивної потужності несиметрії.

Ідея компенсації спотворень напруг і струмів у мережі, тобто *активна фільтрація*, основана на введенні в мережу послідовно джерела напруги з керованим спотворенням або паралельно джерела струму з керованим спотворенням, причому внесені спотворення перебувають у протифазі з наявними спотвореннями та компенсують їх у результуючій кривій напруги або струму. Компенсуюче джерело спотворення напруги мережі (або навантаження) уводиться послідовно, звичайно через трансформатор. Якщо напруга мережі несинусоїдальна, а напруга на навантаженні повинна бути

Компенсатори типу ККТ компенсують відстаючий реактивний струм мережі, а типу РКТ — випереджаючий реактивний струм мережі. При необхідності компенсації кожного із цих струмів в одному пристрої застосовують конденсаторно-реакторні компенсатори (КРК). При цьому регулювання величини й виду вхідної реактивної потужності можна забезпечувати за рахунок виконання регульованих (конденсаторної або реакторної) частин компенсатора на базі розглянутих вище принципів. Приклад такого компенсатора, утвореного конденсатором і компенсатором типу РКТ, що з'єднані паралельно, приведений на рис. 4.

У компенсаторах з вентильним джерелом реактивної напруги T Мережа паралельний інвертор струму виконаний на GTO-тиристорах, а трифазний інвертор напруги – на IGBT-транзисторах (рис. 5). Оскільки обидва інвертори працюють у режимі з вихідними струмами, зсунутими на кут у 90° щодо своєї напруги, тобто в режимі джерел реактивної напруги, то у колі постійної напруги (струму) джерело живлення не потрібне.

У випадку виконання розглянутих схем компенсаторів реактивної потужності для

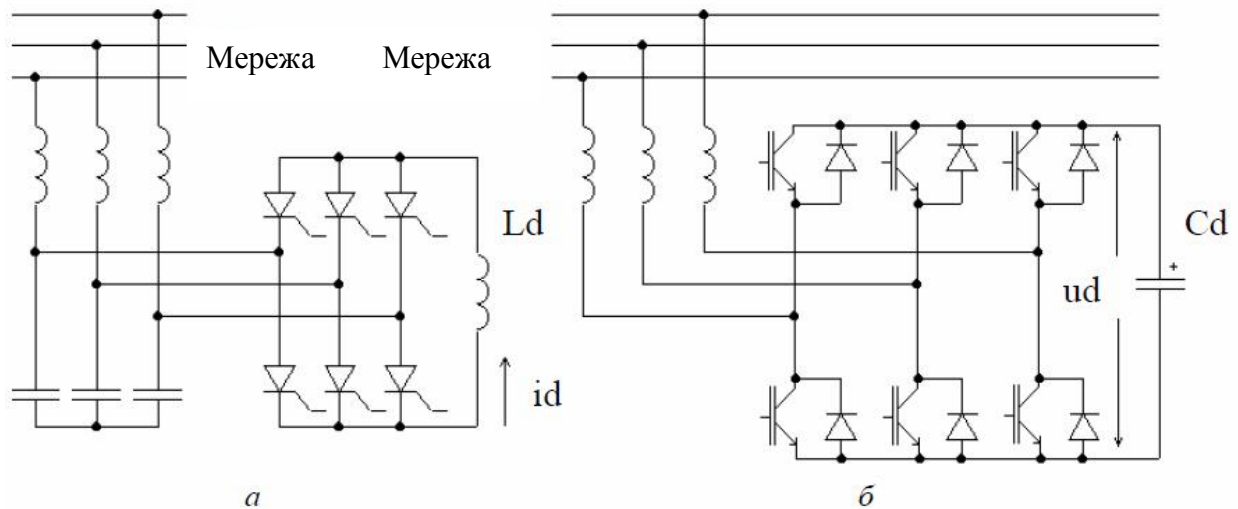


Рис. 5. Статичний автономний інвертор струму (а) та інвертор напруги (б)

синусоїдальною, то джерело компенсуючої напруги повинне повторювати у протифазі різницю миттєвої кривої напруги мережі та її першої гармоніки.

Аналогічно працює й активний фільтр струму. Якщо нелінійне навантаження споживає несинусоїдальний струм, то компенсатор генерує струм, який у протифазі дорівнює різниці миттєвої кривої струму нелінійного навантаження та її першої гармоніки.

Схеми активних фільтрів напруги й струму звичайно виконують на базі інверторів напруги із ШІМ. З огляду на лінійність регульовальної характеристики ШІП, можна відтворити на виході інвертора будь-яку криву завдання струму або напруги шляхом апроксимації її середніми значеннями за інтервалами тактів комутації при ШІМ.

Більш радикальним способом поліпшення якості електропостачання та усунення зворотного впливу нелінійного споживача на живильну мережу є сумісне використання активного фільтра напруги й струму. Можливі два варіанти їхнього об'єднання: паралельно-послідовне й послідовно-паралельне включення (рис. 6).

При цьому є можливість за рахунок використання вихідних трансформаторів в активних фільтрах об'єднати їхні кола постійної напруги загальним конденсатором фільтра.

Якщо на таку структуру покласти ще й функцію регулювання величини реактивної потужності та її знака, то можна буде підтримувати синусоїдальну напругу стабільної величини при коливаннях напруги в мережі, викликаних, насамперед, коливаннями навантаження.

Якщо в графіку споживання реактивної потужності є не тільки динамічна, але й статична складова, то її можна компенсувати пасивними реактивними елементами, які зможуть фільтрувати і частину гармонік струму. У цих випадках використовують якби комбінований фільтр, що складається із сукупності активного й пасивного фільтрів.

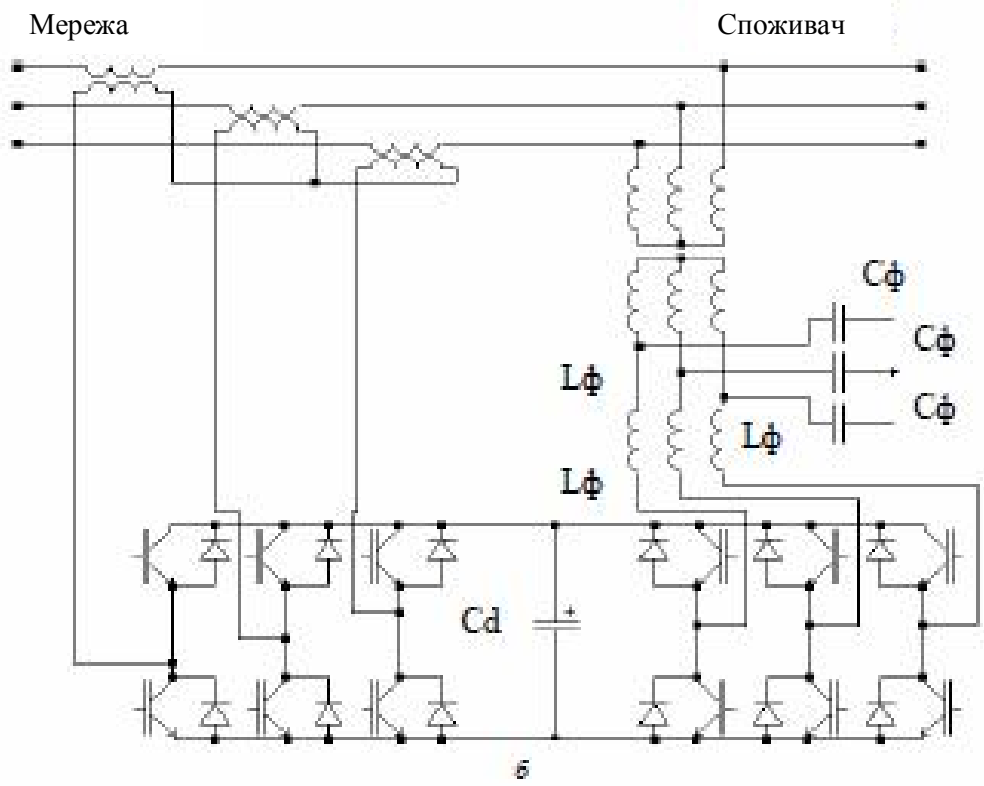
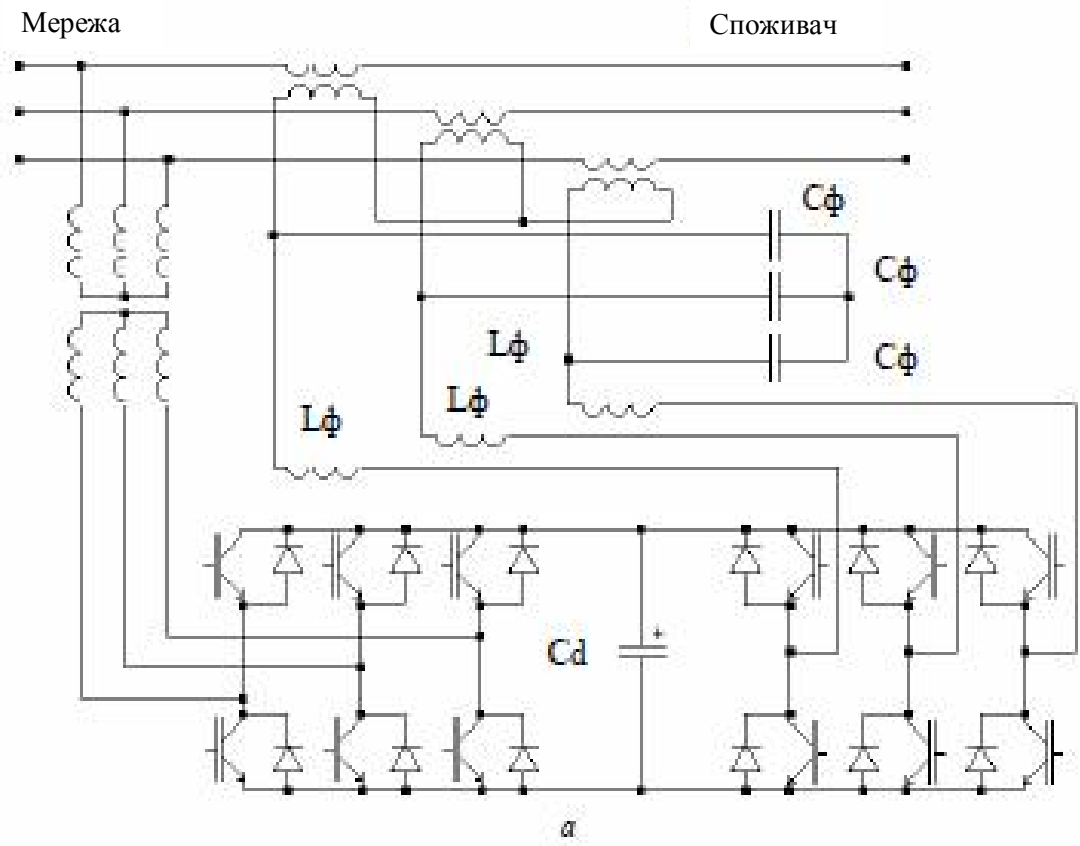


Рис. 6. Паралельно-послідовне(а) і послідовно-паралельне (б) вмикання активних фільтрів напруги й струму

Висновки. На базі вище викладеного, можна зробити висновки, що вибір компенсуючого пристрою необхідно здійснювати з урахуванням конкретних умов енергоспоживання. Однак найбільш перспективним напрямом є розробка

активних фільтрів, які, маючи високу швидкодію, дозволяють компенсувати всі неактивні складові повної потужності, а також симетрувати навантаження.

Список літератури

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
2. Пивняк Г. Г., Волков А.В. Современные частотно-регулируемые электроприводы с широтно-импульсной модуляцией. – Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 470 с.
3. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999. – Ч. 2. — 211 с.
4. Колб А.А. Силовые активные компенсаторы в системах группового питания электроприводов // Вісн. КДПУ. – 2007. – Вип. 3(44). – Ч.2. – С. 44–48.
5. Шрейнер Р.Т., Ефимов А.А. Активный фильтр как новый элемент энергосберегающих систем электропривода // Электричество. – 2000. – №3. – С. 46-54.