

**Косинусоїдалне керування трифазним циклоконвертором**

*Робота циклоперетворювача в загальмованому режимі має практичні переваги перед роботою в режимі циркуляції. Пропонується проаналізувати субгармонійні складові вихідної напруги загальмованого циклоперетворювача та дослідити новий підхід до техніки керування, використовуючи дискретизацію, для послаблення цих складових.*

Використання керованих випрямлячів забезпечує більшу універсальність, дозволяючи змінювати вхідну/вихідну частоту та співвідношення напруги. Циклоконвертор із «фазовим керуванням» став найбільш практичною формою циклоконвертора, а доступність тиристорів викликає новий інтерес до його потенційних застосувань.

Циклоконвертори можуть працювати в режимі циркуляції струму, або в режимі гальмування, або, можливо, в комбінації обох режимів. Робота циклоперетворювача по циркуляційному струму призводить до протікання циркуляційного струму, величина якого повинна бути обмежена циркуляційними реакторами. Для роботи в загальмованому режимі реактори не потрібні, оскільки система керування не пропускає циркуляційний струм. Таким чином, інгібований циклоконвертер має переваги перед циклоконвертором із циркуляційним струмом, вищий коефіцієнт потужності та ефективність, а також меншу вагу, розмір і вартість. Однак для роботи в заблокованому режимі потрібні додаткові схеми керування, але з наявністю малопотужних інтегральних схем це не є серйозним недоліком.

Тиристорний циклоперетворювач з фазовим керуванням можна розглядати як масив тиристорних перемикачів, які по черзі з'єднують кожну з фаз живлення входу з навантаженням за допомогою природної комутації. На рис. 1(а) показана найпростіша (3-імпульсна) конфігурація, тоді як на рис. 1(б) показана 6-імпульсна схема, яка дає форму вихідного сигналу, подібну до форми, отриманої від 6-фазного циклоконвертора.

Тиристори перемикаються у відповідній послідовності за допомогою сигналів спрацьовування або перемикання, що подаються на їхні затвори. Таким чином, сигнал вихідної напруги синтезується з сегментів сигналу фазної напруги вхідного джерела живлення, і в цьому відношенні, робота циклоконвертора схожа на роботу випрямляча.

У тиристорному випрямлячі моменти перемикання визначаються кутами спрацьовування ( $\alpha$ ), які можна регулювати від  $0^\circ$  до приблизно  $180^\circ$  для кожного тиристора, і які зазвичай утримуються на постійному значенні, як показано на малюнку 2(а), щоб отримати сигнал вихідної напруги з переважаючим постійним струмом компонентом. Кут стрільби являє собою затримку моменту перемикання від самого раннього можливого моменту, коли тиристор може ввімкнутися.

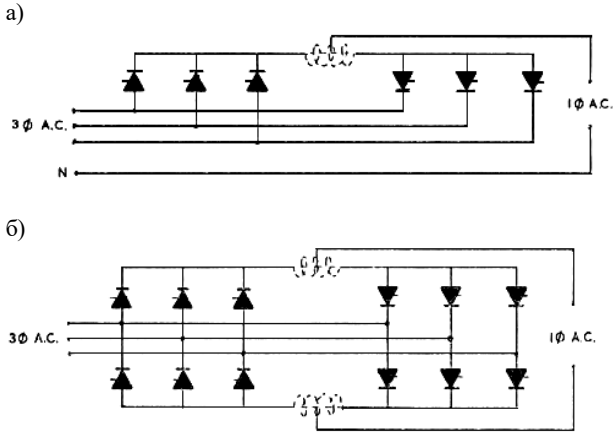


Рис. 1. Конфігурації тиристора в трифазні перетворювачі: а) Тримпульсна схема; б) Шестипульсна схема

У тиристорному циклоконверторі кути запалювання не утримуються на постійних значеннях, як у випрямлячі, а змінюються для послідовних комутацій, як показано на малюнку 2(б). Таким чином, постійні кути спрацьовування у випрямлячі модулюються для роботи циклоконвертора, щоб отримати форму вихідної напруги, яка має переважаючий змінний струм компонент, що має необхідну частоту.

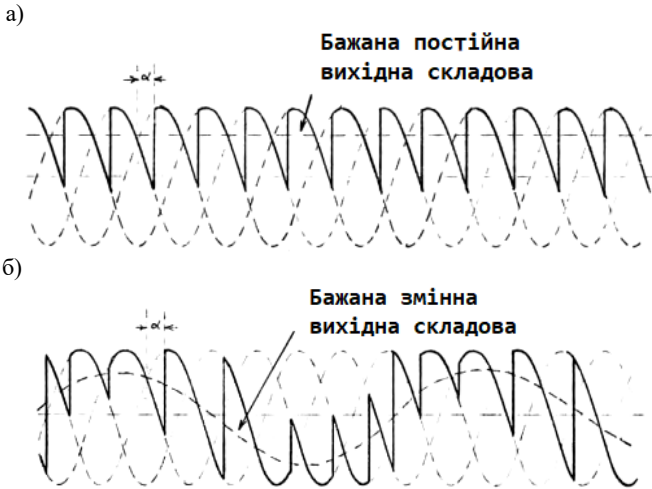


Рис. 2. Порівняння форм хвиль вихідної напруги для: а) випрямляча; б) циклоконвертора

Звичайний метод керування циклоконвертором для отримання необхідної вихідної частоти відомий як косинусоїдальне керування. МакМюррей[1], Пеллі[2], Бленд[3] і Датта[4] вважають це найбільш підходящим методом керування, оскільки він дає вихідну напругу з меншими загальними спотвореннями від необхідної синусоїди, ніж це відбувається з іншими методами керування.

Щоб полегшити аналіз циклоконвертора, зручно розділити масив тиристорів, які складають кожну вихідну фазу циклоконвертора, на дві групи: позитивну групу та негативну групу. Позитивна група забезпечує позитивний півперіод струму навантаження, а негативна група забезпечує негативний півперіод. Циклоперетворювач може працювати в режимі циркуляції струму або в режимі блокування. У режимі циркуляційного струму обидві групи знаходяться в безперервній провідності, і для обмеження величини циркулюючого струму необхідний реактор з циркуляційним струмом; у загальмованому режимі кожна група проводить поперемінно, і тому циркулюючий струм не може протікати.

Для 3-фазного навантаження три аналогічні циклоконвертори підключаються паралельно на стороні входу, тоді як виходи підключаються відповідно до вимог підключення фаз навантаження. Таке розташування для 3-імпульсного блокованого циклоперетворювача як показано на рис. 3.

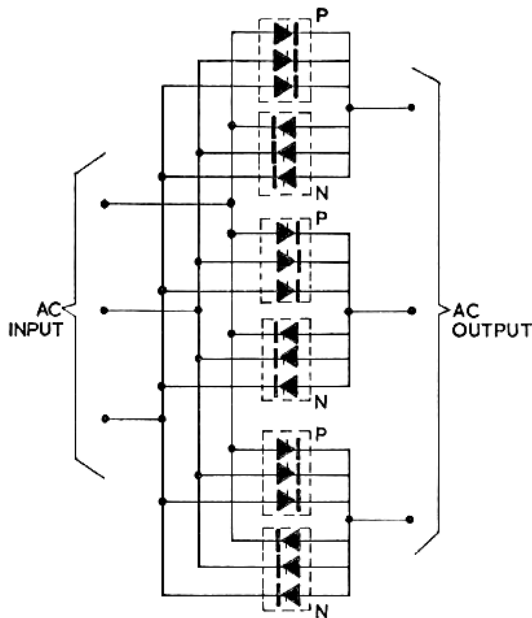


Рис. 3. Циклоконвертор імпульсного інгібування 3-фазного типу

Косинусоїдальне керування використовує серію хвиль косинусної синхронізації на входній частоті та синусоїдальної опорної хвилі на бажаній вихідній частоті. Хвилі косинусної синхронізації відповідають періодам, протягом яких струм може природно комутуватися від одного тиристора до іншого. Зручно отримувати хвилі синхронізації з вхідної напруги живлення, але альтернативно їх можна вивести незалежно, за умови, що вони потім синхронізуються з напругою живлення. Опорна напруга виходить від генератора сигналу змінної частоти.

Миттєві величини тактової і опорної хвиль порівнюються в системі керування, а моменти перемикання (точки комутації) тиристорів збігаються з перетинанням двох хвиль. Це показано на рис. 4, і модульована послідовність кутів запалювання призводить до змінної вихідної напруги.

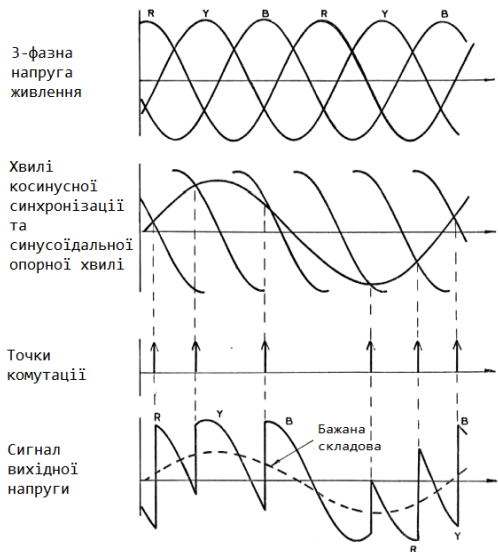


Рис. 4. Косинусоїдальне керування трифазним циклоконвертором

Співвідношення величин опорної та синхронізаційної хвиль визначається як «коефіцієнт модуляції». Для одиничного коефіцієнта модуляції кути спрацьовування послідовно модулюються в інтервалі від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ , що призводить до максимальної величини бажаної складової вихідної напруги. Для нульового коефіцієнта модуляції опорна напруга дорівнює нулю, а кути запалювання залишаються фіксованими на  $90^\circ$ , що дає нульову середню вихідну напругу.

Для циклоконвертора, що живить 3-фазне навантаження, необхідні три опорні хвилі зі зсувом фаз між кожною з  $2\pi/3$  радіан. Кожна з еталонних хвиль подається на кожен з трьох подібних циклоконверторів, які утворюють 3-фазний циклоконвертер.

### Список літератури

1. McMurray, W. 'The Theory and Design of Cycloconverters.', The MIT Press, (1972).
2. Pelly, B.R. 'Thyristor Phase-Controlled Converters and Cycloconverters', Wiley-Interscience, Ed.1, (1971)
3. Bland, R.J. 'Factors Affecting the Operation of a PhaseControlled Cycloconverter', Proc. I.E.E., 114, (1967), No.12, pp. 1908-1916.
4. Datta, S.K. 'A Static Variable-Frequency Three-Phase Source using the Cycloconverter Principle for the Speed Control of an Induction Motor', I.E.E.E. Trans., IA-8, (1972), No.5, pp.520-530.
5. Попков О.З. Основы преобразовательной техники. Автономные преобразователи. Конспект лекций : [Учебное пособие] / О.З. Попков. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 64 с