УДК 621.314.5.06 (045)

Б. Є. П'яних, д-р техн. наук, проф.

ВЕНТИЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Інститут аерокосмічних систем управління, НАУ e-mail: @nau.edu.ua

Наведено класифікацію вентильних перетворювачів параметрів електричної енергії за кратністю модуляції на ключах змінного струму зі штучною комутацією.

Ключові слова: вентильний перетворювач, модуляція, комутація.

Вступ. В основу більшості пристроїв силової перетворювальної техніки покладено дискретний принцип формування кривих напруги та струму, за яких на навантаження за визначеним алгоритмом підключаються різні за параметрами напруги чи струми джерела живлення. Тому основним елементом силових перетворювачів є потужній напівпровідниковий ключ, здатний пропускати великі струми та витримувати високі напруги. На виході таких перетворювачів виникають як вищі гармоніки зі значними амплітудами, так і субгармоніки.

Силові вентильні перетворювачі дозволяють за допомогою комутаційних процесів перетворювати різні види та параметри електричного струму. Ці процеси відбуваються за рахунок вмикання між джерелом та навантаженням вентильної схеми, параметри якої змінюються в часі. Зміна параметрів електричних кіл спричиняє періодичні (неперіодичні) впливи на амплітуди і фази (модуляцію) напруг джерела живлення.

Постановка завдання. У загальному випадку модуляція передбачає множення вхідного сигналу на модулювальну функцію. Якщо таке множення провадиться на амплітуду вхідного сигналу, то говорять про амплітудну модуляцію. Можливі також частотна та фазова модуляції. Аналіз показує, що спектри вихідного сигналу за вказаних видів модуляції виявляються подібними і являють собою сукупність частоти модуляції та двох бічних смуг, амплітуди гармонік яких зменшуються з ростом номера гармоніки. Різниця полягає в тому, що за частотної та фазової модуляції спектр вихідного сигналу більш широкосмуговий, а амплітуди гармонік є функціями Бесселя.

Отже, вид модуляції не може вважатись характерною особливістю для виділення будь-якого виду перетворювачів серед інших. Проте велика різноманітність перетворювальних пристроїв приводить до висновку про те, як ця різноманітність позначається на ознаках модуляції. Перші спроби класифікації перетворювачів за цими ознаками були розпочаті в праці [1]. Було запропоновано розрізнювати перетворювачі за кратністю модуляції, під якою малась на увазі кількість простих співмножників у функції модуляції. Простою вважалась така функція модуляції, за якої вихідний сигнал перетворювача має регулярний та симетричний вид. Невизначеність цього критерію, а також можливість виразити кілька співмножників функції модуляції через один і навпаки призводить до невизначеності такої класифікації і потребує подальших уточнень. У зв'язку з цим треба звернути увагу на таке.

Класифікація перетворювачів за кратністю модуляції. Параметри вихідного сигналу перетворювача, за винятком модулювальної функції, визначаються як параметрами вхідного сигналу, так і параметрами навантаження. Величина та характер навантаження зазвичай задаються умовами споживача, параметри вхідного сигналу – мережею живлення. Для формування потрібних властивостей вихідного сигналу розробники можуть часто розраховувати тільки на можливості модулювальної функції. Проте перетворювачі функціонують в такий спосіб, що кінцевий модулювальний сигнал, який використовується для множення на вхідний сигнал при математичному поданні процесів модуляції,

відрізняється від того, який формується системою керування, тобто виникають спотворення. Вони зумовлюються впливом вхідної мережі живлення та навантаження перетворювача і з'являються у перетворювачах, побудованих на некерованих та неповністю керованих вентилях з односторонньою провідністю під час роботи на *RL* навантаження.

Урахування спотворень модуляційної функції у перетворювачах вказаного виду в разі розімкнених систем керування в загальному випадку виявляється неможливим. Такий недетермінований вплив на модулювальну функцію еквівалентний її додатковій модуляції. Отже, можна, враховуючи цей вплив, вважати модуляцію двократною на відміну від однократної, яка враховує детермінований вплив і може бути подана у вигляді одноразового множення результуючої модулювальної функції на початковий сигнал. За такого підходу згадані перетворювачі треба назвати перетворювачами з двократною модуляцією. Вони можуть бути реалізовані на повністю керованих ключах з двосторонньою провідністю. У цьому випадку параметри і вид модуляційної функції будуть повністю визначатись системою керування, вказаних впливів не буде і модуляцію можна назвати однократною.

Окремі впливи, що спотворюють модулювальну функцію, також можна звести до одного результуючого впливу. Отже, модуляція не може мати кратність вище двох. Тоді всі перетворювачі поділяються на два види: з однократною та двократною модуляцією. За такого підходу перетворювачі, побудовані на повністю керованих ключах з двосторонньою провідністю, є перетворювачами з однократною модуляцією. Перетворювачі, які хоча б частково містять неповністю керовані вентилі з односторонньою провідністю, належать до перетворювачів з двократною модуляцією.

Наявність у перетворювачах з двократною модуляцією спотворювальних впливів мережі живлення чи навантаження на вид і форму модулювальної функції можна трактувати як зворотний зв'язок за збуренням (у разі впливу мережі живлення) та за відхиленням (у разі впливу навантаження) або як внутрішній зворотній зв'язок на відміну від зовнішнього, детермінованого зворотного зв'язку, що реалізується за допомогою спеціальних додаткових контурів для одержання необхідних характеристик за входом чи виходом перетворювача. Тоді кратність модуляції буде визначатись наявністю чи відсутністю внутрішнього зворотного зв'язку: якщо він є, модуляція буде двократною, якщо немає, – однократною.

Доцільно зазначити, що перетворювачі з однократною модуляцією дозволяють реалізовувати деякі закони керування, що підвищують техніко-економічні показники електроенергетичних установок, наприклад, забезпечують генерацію реактивної потужності у мережу живлення, покращення форми вхідного струму.

Багато перетворювачів будуються таким чином, що модуляція вхідного сигнала в них відбувається у кілька етапів (два, три і т. д.). Згідно з упровадженою в теорії модуляції термінологією вони належать до перетворювачів з двоступеневою, триступеневою та іншою модуляцією. Ці перетворювачі реалізують кожний ступінь модуляції за допомогою одноступеневих перетворювачів з одно- або двократною модуляцією. Тобто, наприклад, перетворювач з двоступеневою модуляцією, кожний ступінь якого реалізується за допомогою одноступеневого перетворювача з однократною модуляцією, має загальну кратність модуляції, що дорівнює одиниці, а двоступеневий перетворювач, хоча б один зі ступенів якого реалізується за допомогою одноступеневого перетворювача з двократною модуляцією, має загальну кратність, що дорівнює двом. Тобто кратність модуляції багатоступеневого перетворювача визначається тільки наявністю чи відсутністю ступеня з двократною модуляцією. У першому випадку вона дорівнює двом, у другому – одиниці.

Відповідно до викладеного можна запропонувати класифікацію основних схем вентильних перетворювачів, показану на рисунку.

Висновки. Класифікація перетворювачів за кратністю модуляції дозволяє під час проектування силових перетворювальних пристроїв зробити вибір на користь схем з однократною модуляцією, які мають суттєві переваги: вільний обмін реактивною енергією між навантаженням і мережею живлення, високий ККД, високі динамічні показники, сприятливий вплив на мережу живлення.

Список літератури

Карташов Р. П. Функциональные схемы преобразователей частоты / Р. П. Карташов, Э. М. Чехет – В кн. Устройства преобразовательной техники. – К.: Наук. думка, 1969. – С. 99–107.

Б. Е. Пьяных

Вентильные преобразователи параметров электрической энергии

Приведена классификация вентильних преобразователей параметров электрической энергии по кратности модуляции на ключах переменного тока с искусственной коммутацией.

В. Е. Pjanikh

Valve-type converters of electric energy parameters

It is given classification of valve-type converters of electric energy parameters according to multiplicity of modulation by alternating current switches.