

УДК 621.314.26

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СХЕМНИХ РІШЕНЬ ПОБУДОВИ СИЛОВОЇ ЧАСТИНИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ

Квітка С. О., к. т. н.

sergii.kvitka@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Основним елементом систем керування сучасних регульованих електроприводів змінного струму є перетворювач частоти. Вони все більшою мірою використовуються в електроприводах змінного струму насосів, вентиляторів, компресорів, транспортерів, металообробних верстатів та ін. [1-4].

Незважаючи на різноманіття існуючих на даний момент алгоритмів керування і варіантів схемної реалізації силової частини перетворювачів частоти, існують типові рішення, що застосовуються більшістю виробників [1-4].

Основні матеріали дослідження. Розглянемо найбільш поширені рішення схем силової частини перетворювачів частоти, що випускаються промисловістю [1-4]. За типом зв'язку з мережею живлення перетворювачі частоти діляться на два види [2, 4]:

1. Перетворювачі частоти з проміжною ланкою постійного струму, які також поділяються на два підвиди:

- автономні інвертори напруги (АІН);
- автономні інвертори струму (АІС).

2. Безпосередні перетворювачі частоти (БПЧ) або перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком (ПЧБЗ).

Перетворювачі частоти з автономним інвертором напруги. Схема містить на вході трифазний мостовий некерований випрямляч, фільтр з відносно великою ємністю і трифазний АІН, який найбільш часто виконується на IGBT-транзисторах, які шунтуються зворотними діодами [2, 4, 6]. АІН за допомогою широтно-імпульсної модуляції формує як частоту, так і амплітуду вихідної напруги, що живить навантаження - асинхронний електродвигун. Як напівпровідникові ключі в автономних інверторах напруги іноді також застосовуються GTO-тиристри, а також їх вдосконалені модифікації: GCT, IGCT, SGCT.

На вході також можна встановити і трифазний керований випрямляч [2, 4]. Тоді напруга на навантаженні змінюється за допомогою амплітудно-імпульсної модуляції (амплітуда напруги формується кутом керування керованого випрямляча, а швидкість обертання поля визначає АІН).

Зворотні діоди, що включаються паралельно робочим силовим ключам, забезпечують протікання через них струму в гальмівних режимах, а також утворюють контур протікання струму при вимиканні ключів, тим самим виконуючи захисну функцію.

Гальмівні режими можна отримати двома способами. У найбільш простому і поширеному способі використовується пристрій гальмування, що включає додатковий IGBT-транзистор і гальмівний резистор для скидання на нього енергії гальмування. При використанні пристрою гальмування забезпечується динамічне гальмування АД з втратами енергії гальмування у вигляді тепла на гальмівному резисторі. Енергетично більш вигідний рекуперативний режим гальмування забезпечується при використанні додаткового зворотного керованого моста (додатковий гальмівний пристрій). В останньому випадку енергію гальмування можна повертати в мережу живлення.

АІН є джерелом напруги, так як в ньому є однозначна залежність між напругою

на його виході (на навантаженні) і напругою в ланці постійного струму [2].

Перетворювачі частоти з автономним інвертором струму. Для потужних електроприводів іноді використовується силова схема з АІС. Схема виконується на звичайних напівкерованих ключах - тиристорах і діодах [2, 4, 6]. Вона включає трифазний мостовий керований випрямляч. Кероване джерело постійного струму реалізоване за рахунок застосування керованого випрямляча, охопленого від'ємним зворотним зв'язком за струмом, спільно з використанням дроселя. Дросель виконує, крім того, і роль фільтра. Від'ємний зворотний зв'язок за струмом знімається за допомогою шунта, потім цей сигнал посилюється за допомогою датчика струму. Імпульси керування формуються і подаються на тиристири за допомогою системи керування випрямлячем. Схема також містить трифазний мостовий АІС з відсікаючими діодами і комутуючими конденсаторами. Ці діоди і конденсатори призначені для примусового вимикання тиристорів інвертора струму. Оскільки асинхронний електродвигун являє собою активно-індуктивне навантаження, конденсатори компенсують індуктивний характер навантаження. При активно-індуктивному навантаженні на виході АІС можуть виникати значні перенапруги внаслідок ЕРС самоіндукції АД. Обмеження цих перенапруг і примусова комутація тиристорів забезпечується застосуванням ємностей в схемах комутації ключів.

Частота змінного струму, що живить статорну обмотку асинхронного електродвигуна, визначається частотою подачі керуючих імпульсів на тиристири АІС, а амплітуда змінного струму регулюється зміною кута керування тиристорами керованого випрямляча. На вході керованого випрямляча обов'язкова установка реакторів для зниження негативного впливу комутацій силових ключів.

Керування тиристорами АІС здійснюється на частоті вихідної мережі. При використанні АІС є можливість переведення керованого випрямляча на вході у режим веденого мережею інвертора, що забезпечує рекуперативне гальмування АД. Тому в схемі з АІС немає необхідності в застосуванні додаткових пристроїв для забезпечення гальмівних режимів.

Схеми з АІС виконуються також на повністю керованих GTO-тиристорах і на IGBT-транзисторах. У АІС є однозначна залежність струму навантаження від струму в ланці постійного струму [2].

Безпосередні перетворювачі частоти. Іноді в практиці частотно-регульованого електроприводу використовуються схеми з БПЧ. Силова схема БПЧ на тиристорах включає три реверсивних керованих випрямлячів [2]. На виході керованих випрямлячів формується напруга, що складається з ділянок синусоїд мережі живлення.

Кожна фаза електродвигуна підключена до керованого випрямляча незалежно. Замість напруги на виходах керованих випрямлячів можна формувати і фазні струми, якщо кожен керований випрямляч охоплений від'ємним зворотним зв'язком за струмом. Таким чином, БПЧ може працювати як в режимі джерела напруги, так і в режимі джерела струму.

БПЧ також можна виконувати на повністю керованих силових ключах.

Висновок. Таким чином, три основних типи схем силової частини перетворювачів частоти мають наступні особливості.

Переваги схем з АІН: відносна простота схеми з некерованим випрямлячем на вході; можливість роботи на групове навантаження; можливість роботи в розімкнутій системі і в режимі джерела струму в залежності від застосовуваного принципу керування. Недоліки схем з АІН: необхідність в використанні додаткового зворотного керованого моста для забезпечення рекуперативного гальмування; відносно високі значення необхідної ємності фільтра і, відповідно, порівняно великі її габарити.

Переваги схем з АІС: відносна простота в реалізації режиму рекуперативного

гальмування; елементна простота схеми на звичайних напівкерованих ключах - тиристорах. Недоліки схем з АІС: можливі перенапруги на силових ключах інвертора і, як наслідок, необхідність в ускладненні схеми силової частини; відносно великі маса і габарити реактора фільтра; труднощі отримання низьких швидкостей через низьку частоту комутації силових ключових елементів на цих швидкостях.

Переваги схем з БПЧ: найкращі енергетичні показники (особливо ККД) з розглянутих варіантів схем, внаслідок одноразового перетворення енергії. Недоліки схем з БПЧ: відносна складність алгоритмів керування і велика кількість силових ключових елементів; труднощі в отриманні частот, близьких до частоти мережі живлення; найгірший серед розглянутих варіантів схем гармонійний склад напруг і струмів.

Список використаних джерел

1. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник. Москва: АCADEMIA, 2006. 265 с.
2. Данилов П. Е., Крутиков К. К., Рожков В. В. Конспект лекций по курсу «Специальные разделы теории электропривода». Смоленск, 2008. 96 с.
3. Осипов О. И. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод: учебное пособие. Москва: Издательство МЭИ, 2004. 80 с.
4. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Методи управління та апаратна реалізація сучасних перетворювачів частоти. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 3, т. 2. С. 164-171.
5. Квітка С. О., Яковлев В. Ф., Нікітіна О. В. Електроніка та мікросхемотехніка: навчальний посібник / за ред. В. Ф. Яковлева. Київ: Аграрна освіта, 2010. 329 с.
6. Квітка С. О. Електроніка та мікросхемотехніка: підручник. Мелітополь: Люкс, 2019. 223 с.
7. Квітка С. О., Постнікова М. В., Речина О. М. Основи електроприводу: лабораторний практикум. Мелітополь: Люкс, 2020. Ч. 1. 165 с.