

УДК 621.313

Крисан Ю.О.¹, Гайдай А.І.², Алтарьов А.С.²

¹ канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

² студ. гр. Е-326сп ЗНТУ

МОДЕЛЮВАННЯ ВЕНТИЛЬНО-ІНДУКТОРНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ЛЕГКИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Вентильно-індукторний електропривод (ВІП) нині є однією з галузей сучасної електромеханіки, що найбурхливіше розвивається. Сфери застосування ВІП широкі і різноманітні. Вони можуть бути використані в електроприводах компресорів, насосів, вентиляторів, пральних машин, кухонних комбайнів і електротранспорту. Не дивлячись на визнання практично всіма фахівцями переваг і, безумовно, позитивний досвід практичного застосування цього приводу, масового поширення він ще не набув. Причина цього полягає в тому, що потенційно властиві ВІП переваги реалізуються тільки при відповідних алгоритмах керування. При цьому специфіка ВІП припускає використання відмінних від традиційних для класичних систем електроприводу інструментів для їх розробки.

Об'єктивна складність фізичних процесів, що визначає роботу приводу, робить аналітичний опис роботи ВІП дуже громіздким, а в деяких випадках і таким що важко реалізувати. З цієї причини традиційні методи досліджень електроприводів з використанням структурних схем, перетворень координат, векторних діаграм і так далі для ВІП виявляються неефективними.

Досягнення обчислювальної техніки останніми роками розширили роль математичного моделювання при розробці і дослідженні складних систем. Разом зі встановленням кількісних співвідношень між параметрами системи керування, з'явилася можливість відтворення процесу її функціонування в часі з імітацією елементарних явищ, складових процесу дослідження, їх логічної структури і послідовності. При складанні математичного опису ВІП враховуються тільки домінуючі чинники, що визначають поведінку системи,

і опущені другорядні подробиці, які тільки підвищують порядок моделі, не роблячи істотного впливу на достовірність отриманих результатів.

Математичний опис електромагнітних і електромеханічних процесів у ВІП можна представити у вигляді трьох підсистем рівнянь – кожна з яких описує поведінку певної складової частини ВІП:

- рівняння ідеального вентильного комутатора і системи керування, що описують перетворення поточного кута повороту ротора в дискретну комутаційну функцію і формування однополярних імпульсних напруг, прикладених до фазних обмоток;

- рівняння електромашинної частини, кількість і структура рівнянь рівноваги електричних ланцюгів; потокозчеплень залежать від числа фаз обмотки статора, режиму роботи вентильного комутатора;

- рівняння рівноваги моментів на валу двигуна, структура рівняння визначається типом моменту навантаження.

Структура рівнянь ВІП і кількість змінних залежить від вибраної системи координат, в якій здійснюється запис рівнянь. У загальному випадку лінійне перетворення координат не дозволяє зменшити число незалежних змінних і число зовнішніх дій. У вдало вибраній новій системі координат можна змінити структуру початкових рівнянь і усунути періодичну залежність коефіцієнтів рівнянь від кута повороту ротора. Початкові рівняння ВІП записуються в природній системі координат, пов'язаній із струмами в реальних обмотках ВІП. Електромагнітні і електромеханічні процеси у ВІП описуються нелінійними диференціальними рівняннями, чисельне вирішення яких можливо при конкретних параметрах двигуна. Для оцінки впливу параметрів на характер протікання процесів в перехідних і сталих режимах роботи двигуна доцільно використовувати відносні одиниці для запису параметрів.

Рівняння рівноваги напруг та ЕРС двигуна в природній системі координат записується в матричній формі за другим законом Кірхгофа

$$U_e = \frac{d\psi_e}{dt} + R_e I_e, \quad (1)$$

де U_e – матриця напруг; ψ_e – матриця потокозчеплення; I_e – матриця струмів; R_e – матриця опорів фаз. Матриці U_e , ψ_e , I_e – стовпцеві, причому кількість елементів яких визначається числом фаз обмотки статора. Матриця опорів R_e є діагональною, чисельні значення якої рівні між собою.

При виборі схеми вентильного комутатора прагнуть мінімізувати кількість силових транзисторів, що дозволяє зменшити число формованих керуючих сигналів. Найбільш доцільні або трифазні, або чотирьохфазні

схеми обмоток. Багатофазні двигуни застосовуються рідко і лише в тих випадках, коли використання принципу багатофазності приносить безперечні переваги при реалізації конкретних технічних вимог. Вибір між трифазною і чотирьохфазною машиною неоднозначний. У чотирьохфазному ВІП є можливість реалізації трьох режимів роботи вентильного комутатора: поодинокій, парної і комбінованої комутації фаз. Крім того, форма розподілу моменту по куту повороту у чотирифазному двигуні володіє меншими пульсаціями моменту.

Отримані диференційні рівняння ВІП в природній системі координат, пов'язаної з реальними обмотками двигуна. Рівняння є нелінійними. Нелінійність існує у вигляді добутку інтегрованих функцій і тригонометричних залежностей параметрів від кута повороту. Рішення можливо чисельними методами при відомих параметрах і заданих початкових умовах в програмному пакеті MATLAB.