

ТОПОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ЗМІННОГО СТРУМУ

Кулагін Д.О., к.т.н., доцент.

Запорізький національний технічний університет

вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69007, Україна. E-mail: nemix123@rambler.ru

Вступ. Введення до складу тягових систем інформаційних компонентів призводить до необхідності збільшення різноманітних пристроїв та давачів, що встановлюються в систему. Цей клас систем характеризується наявністю в своєму складі, разом з енергетичними компонентами, додатково необхідної інформаційної підсистеми, що включає сукупність давачів, перетворювачів сигналів, пам'яті, в якій зберігається модель поведінки тягової системи, програми обробки інформації та вироблення керуючих сигналів. Така значна кількість додаткових пристроїв призводить до ускладнення системи, зменшення її надійності, бо в разі виходу з ладу певної частини інформаційної підсистеми вся система автоматичного керування (САК) працювати повноцінно не зможе. Тому таке ускладнення САК не виправдовує переваг, що при цьому отримано. Ускладнення тягових систем, що виявляється в збільшенні кількості і появи додаткових взаємозв'язків компонентів наводить до проблем розробки та забезпечення необхідного рівня якості функціонування САК. Потреба поліпшення функціональних показників і забезпечення ширших функцій САК при одночасному посиленні вимог до їх характеристик призводить до появи певних законів керування. В таких умовах первинного значення при проектуванні систем набувають завдання оптимізації законів керування та виникає принципова необхідність оптимального проектування топології тягового перетворювача на конкретні умови роботи [1].

Мета роботи. Аналіз топологічних підходів щодо побудови систем керування тягових електропередач.

Матеріал і результати дослідження. Складні системи ідентифікації параметрів не завжди виправдані за техніко-економічними показниками в порівнянні з використанням систем з прямим визначенням параметрів без давача швидкості, бо призводять до ускладнення конструкції та збільшення вартості системи, ускладнення законів керування САК, необхідності збільшення частоти комутації ключів інвертора, в наслідок чого з'являються додаткові втрати потужності. Більшість розроблених законів ідентифікації параметрів розраховано на синусоїдальні струми в колах асинхронного двигуна (АД), що призводить до неадекватної оцінки параметрів при відхиленні від даного припущення, неврахування появи додаткових втрат в реакторах, сталі двигуна. Для реалізації систем регулювання без зворотного зв'язку за частотою обертання необхідні додаткові заходи, що забезпечують стійку роботу. Наприклад, в електроприводах серії ЕКТ використані пристрої для усунення автоколивань та зміни темпу розгону, засновані на введенні в генератор, що задає скважність комутації автономного інвертора напруги, додаткового сигналу в функції електрорушійної сили або напруги АД. Використання даного методу дозволило забезпечити високу якість регулювання частоти обертання привода в системі. Проте, зміна параметрів об'єкта керування під час його роботи призводить до складності отримання необхідних характеристик перехідних процесів. Це властиве системам підпорядкованого регулювання [2]. Для створення уніфікованих систем приводів без давачів на валу двигуна та в його середині закладено наукову базу формування САК на основі регуляторів частоти вектора потокозчеплення ротора та активної складової струму АД. Робота з активною складовою струму, яку можна отримати з ланки постійного струму, дозволяє точно контролювати зміну параметрів двигуна в часі, характеризувати його енергетичний стан за фактичною потужністю, що споживається. Значення частоти вектора потокозчеплення ротора АД отримується на основі відомих значень напруги та активної складової струму в ланці постійного струму. При розробці способів керування та ідентифікації параметрів АД без давачів швидкості виключені припущення, традиційні при математичному моделюванні та оптимізації режимів двигуна, бо при виборі способу керування, методів структурного та динамічного синтезу систем високоточного регулювання моменту та швидкості реального об'єкта вирішується проблема інваріантного керування з автоматичною компенсацією всього комплексу збурюючих факторів, включаючи часові та просторові гармоніки поля, широку зміну активних опорів статора і ротора внаслідок нагріву та витиснення струму, а також зміни індуктивностей розсіювання статора, ротора та головної індуктивності при насиченні. На практиці керування в сукупності послідовних дій та операцій над режимними параметрами власне двигуна (фазовий принцип керування двигуном) - фазами та амплітудами реальних фізичних величин струмів, напруг, потокозчеплень, а не обчислюваних в мікроконтролері сигналів та параметрів керуючих програм, що мають відхилення в динаміці від реальних значень в двигуні, дозволяє значно оптимізувати перехідні та енергетичні процеси в двигуні, поліпшити їх якість. Використання прямих методів вимірювання при цьому однозначно характеризує процес споживання потужності АД. Загальні технічні вимоги до САК показують, що діапазон регулювання частоти обертання знаходиться в межах від 1:5 до 1:50, без її вимірювання, та 1:20000 в разі вимірювання частоти обертання, при точності стабілізації 0,5-20 %. При цьому САК та механізм повинні забезпечувати формування режимів пуску, реверса, гальмування [1]. Виконання таких вимог в статичних режимах для більшості випадків (діапазон регулювання частоти обертання 1:50) можливе системами автоматичного керування розімкнутими за частотою обертання вала АД [1]. Розробка САК без давачів зворотного зв'язку за частотою

тою обертання ротора робить таку систему універсальною і забезпечує її використання в усіх типах тягових електропередач. З точки зору розробки тягових електропередач масових серій така система є найбільш прийнятною, бо не потребує встановлення давачів на вал та в середину АД [1].

Системний підхід до проектування САК із заданим набором властивостей вимагає розробки деяких комплексних, загальних моделей різних фізичних процесів, що визначають функціональні властивості компонентів системи.

У проаналізованих системах можна виділити основні функції, що виконуються ними:

- підтримка (стабілізація) ряду параметрів (напруга, частота обертання, частота струму, потужність) на заданому рівні в статичному і динамічному режимах;
- програмне керування (виконання заданої послідовності законів в процесі роботи системи);
- автоматичний контроль, сигналізація та захист елементів (захист від коротких замикань, перевантаження, перенапружень, виключення можливостей виникнення аварійних і нехарактерних режимів роботи, світлова, звукова, цифрова сигналізація);
- вибір ефективних режимів роботи в процесі керування за прийнятими критеріями оптимізації, серед яких можуть бути коефіцієнт корисної дії, активна потужність, витрата енергії чи палива;
- керування зі самонавчанням і самоорганізацією, що включає аналіз інформації, вибір стратегії та законів роботи з можливістю зміни параметрів і структури системи.

Одним з компонентів комплексу завдань по створенню сучасних засобів керування є розробка законів керування, в тому числі визначення оптимальних співвідношень між частотою і амплітудою напруги. При цьому закони, що розробляються, у значній мірі залежать від кількості та якості контрольованої інформації відносно параметрів двигуна. На сучасному етапі розвитку теорії оптимального керування наголошується прагнення забезпечити прийнятну якість статичних характеристик двигуна шляхом регулювання амплітуди напруги у функції частоти і момента навантаження. Найбільшого поширення набули системи, що реалізують пропорційний спосіб керування за законом Костенко [2]. Даний метод хоча і забезпечує прийнятні для ряду випадків практичного вживання механічні характеристики та режими роботи, проте, не є оптимальним. Він не спрямований на досягнення граничних показників якості функціонування електропередачі з точки зору мінімізації втрат потужності, витрат енергії, нагріву. Для оптимізації наведених вище показників при зміні момента навантаження доцільно не стабілізувати, а певним чином змінювати магнітний стан двигуна.

Розвиток структур тягових електропередач змінного струму ґрунтується на використанні наступних перетворювачів:

- дволанкових перетворювачів частоти (ДПЧ) із проміжною ланкою постійного струму;
- безпосередніх перетворювачів частоти (БПЧ).

Найбільш розповсюдженими є системи з дволанковими перетворювачами частоти, що виконуються на основі автономних інверторів напруги або автономних інверторів струму [2].

Силова частина ДПЧ із проміжною ланкою постійного струму складається з випрямляча, фільтра та інвертора. У ДПЧ здійснюється дворазове перетворення електричної енергії. Спочатку енергія джерела змінного струму перетворюється в енергію постійного струму, а потім в енергію змінного струму заданої частоти. Характерною ознакою перетворювачів даного типу є наявність накопичувача енергії в проміжній ланці постійного струму [2]. БПЧ спочатку мали обмежене застосування - в основному для тихохідних приводів, в яких використовуються БПЧ із природною комутацією вентилів. Якщо ж БПЧ виконати на повністю керованих ключах змінного струму, за допомогою яких у будь-який момент часу можна здійснити прямий двосторонній зв'язок двигуна та живлячої мережі і забезпечити регулювання частоти й напруги (струму) у необхідних діапазонах, то такий перетворювач буде мати очевидні переваги перед ДПЧ, тому що найбільш повно буде відповідати вимогам до САК. Такий БПЧ перевершує ДПЧ за енергетичними показниками за рахунок однократного перетворення енергії, динамічних характеристик, тому що не містить у силовому колі накопичувальних реактивних елементів. В його силовому колі відсутні такі малонадійні елементи, як конденсатори. Структури електроприводів на основі БПЧ можуть будуватися по тим же принципам, що й з АІН і є більш простими в реалізації з огляду забезпечення стійкості та динаміки, ніж системи з АІС. Такий БПЧ поєднує переваги ДПЧ на основі АІН і АІС, крім їхніх характерних недоліків.

Висновки. В роботі проведено аналіз топологічних підходів щодо побудови систем керування тягових електропередач змінного струму. Показано, що функціональні завдання, які покладено на тягову електропередачу, вимоги що пред'являються до її техніко-економічних, екологічних, ергономічних та інших показників, приводять до необхідності створення систем тягових електропередач, в складі яких, окрім основного компоненту - електромеханічного перетворювача - повинні бути різноманітні перетворювачі енергії, пристрої контролю, керування, захисту, побудовані на основі сучасних електронно-інформаційних систем та комплексів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кулагін Д. О. Розробка моделі модернізованого частотно-керованого тягового електроприводу зі змінним алгоритмом керування дизель-потяга ДЕЛ-02 / Кулагін Д. О., Качур О. С., Андрієнко П. Д. // Електротехніка та електроенергетика. – 2010. – № 1. – С. 30–34.
2. Пивняк Г. Г., Волков А. В. Современные частотно-регулируемые асинхронные электроприводы с широтно-импульсной модуляцией. – Днепропетровск, 2006. – 421 С.