

МОДЕЛЮВАННЯ КВАЗІВЕКТОРНОЇ СИСТЕМИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЮЄМОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА БЕЗ ДАВАЧА ШВИДКОСТІ

Сучасний рівень розвитку перетворювальної техніки та жорсткі вимоги з боку споживачів ставлять перед колективом ВАТ НДІ «Перетворювач» питання розробки перетворювачів частоти для асинхронних електроприводів змінного струму. Потужний і результативний розвиток сучасної силової бази на протязі останніх років дозволяє сконцентрувати увагу на проектуванні системи керування з заданими техніко-економічними характеристиками за рахунок покращення параметрів регуляторів та новітніх алгоритмів керування [1].

При розробці автоматичних систем частотного регулювання асинхронних електроприводів (АЕП) знаходять широке використання три принципи керування: амплітудне, векторне та квазівекторне [2]. За першим принципом контролюються і регулюються тільки амплітудні значення електричних величин асинхронного двигуна (АД): статорних струма або напруги, ЕРС або потокозчеплення. Вадами даного принципу керування є неповне врахування електромагнітних процесів АД, що накладає певні обмеження на динамічні характеристики АЕП, а в ряді випадків не дозволяє забезпечити стійку їх роботу в робочому діапазоні зміни швидкості та навантаження.

Векторне керування засноване на контролі та регулюванні як амплітуди та частоти, так і фазних значень електричних величин. При керуванні за цим принципом формується нормована висока якість електромеханічних процесів АЕП, близька до процесів в електроприводах постійного струму з підпорядкованим керуванням, при будь-яких значеннях швидкості та навантаження. Проте векторне керування вимагає складної технічної реалізації в АЕП, що зумовлене встановленням збільшеної кількості інформаційних давачів для контролю та керування фазних значень електричних величин або давача положення ротора на валу двигуна, а також спеціальних обчислювальних пристроїв координатного перетворювача, векторного аналізу, фазового зсуву.

Як відомо, в усталених режимах частотно-регульованих АЕП якість регулювання при скалярному та векторному принципах керування приблизно однакова. Вагомі відмінності ж з'являються лише в динамічних (перехідних) режимах роботи АЕП. При скалярному керуванні, на відміну від векторного, важко нормувати перехідні процеси регулювання АД, оскільки передаточні функції розімкнених контурів регулювання АД значно варіюються в залежності від режиму роботи АЕП. Проте, розроблено нечисленні АЕП, в яких поряд з простою технічною реалізацією процесу регулювання та контролю вдається досягти нормованих якостей перехідних процесів. В таких електроприводах вплив чиниться безпосередньо на частоту та амплітуду основних гармонічних складових струмів та напруг. А керування фазними значеннями здійснюється через додатковий вплив на канал управління частотою. Даний принцип керування названо «квазівекторним».

Особливістю розроблюваної квазівекторної системи АЕП (рис.1) є розімкненість системи за частотою обертання вала АД. Це робить дану систему універсальною і забезпечує можливість її використання в усіх галузях промисловості.

Для орієнтації векторів використовується ЕРС двигуна, вимірювана непрямим чином за допомогою давачів діючого струму та напруги в ланці постійного струму. Для реалізації систем регулювання без зворотного зв'язку за частотою обертання необхідні додаткові міри, що забезпечують стійку роботу приводу [3]. В розроблюваному АЕП використано систему запобігання автоколиванням та задавач і інтенсивності темпів розгону, засновані на введенні в задаючий генератор ЗГ додаткового сигналу в функції ЕРС двигуна. Використання даних

пристроїв дозволило забезпечити задовільну якість регулювання частоти обертання АД в системі автономний інвертор напруги (АІН) – АД.

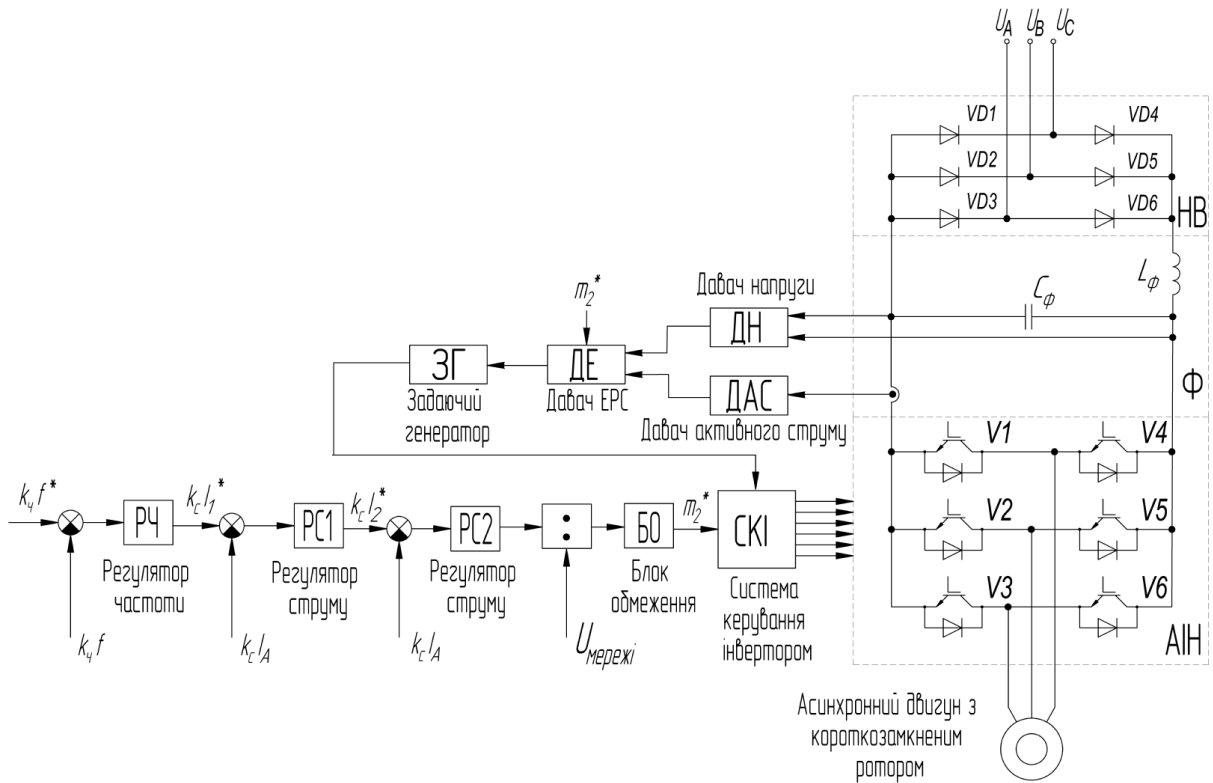


Рис. 1 Структурна схема системи регулювання АЕП без давача частоти обертання вала АД

Проте, поряд з цим при налаштуванні таких систем для кожного конкретного випадку на об'єкті, не вдається отримати заданого характеру перехідного процесу, властивого багатьом системам підпорядкованого керування. Тому гостро повстає питання розробки універсального принципу налаштування таких систем за умов знижених опорних частот.

З точки зору проектування перетворювачів для АЕП потужністю 10 – 500 кВА з вихідною частотою до 1 кГц, встановлена потужність обладнання (конденсаторів, дроселів, напівпровідникових приладів) ряду схем АІН незначним чином відрізняються одне від одного. Тому в цих умовах висуваються вимоги мінімізації кількості допоміжних пристроїв, та оптимізація їх схемних рішень.

Передавальні функції регуляторів частоти, що відповідають налаштуванню контурів регулювання частоти на модульний та симетричний оптимум, визначаються виразами:

$$W_{p.c.1}(p) = \frac{\kappa_c \cdot J}{4 \cdot T_\mu \cdot \psi_r \cdot \kappa_\omega \cdot \kappa_r} \quad (1)$$

$$W_{p.c.2}(p) = \frac{(8 \cdot T_\mu \cdot p + 1) \cdot \kappa_c \cdot J}{32 \cdot T_\mu^2 \cdot \psi_r \cdot \kappa_\omega \cdot \kappa_r \cdot p} \quad (2)$$

де κ_c та κ_ω – коефіцієнти передачі за струмом та частотою обертання; T_μ – стала часу випрямляча; J – приведений момент інерції приводу; p – оператор Лапласа; ψ_r – модуль вектора потокозчеплення ротора АД.

Подібність структур АЕП та систем керування ДПС показує можливість єдиного підходу до компенсації ЕРС обертання АД та внутрішньої ЕРС двигуна [3]. Це дозволяє сформулювати єдиний уніфікований підхід до синтезу регуляторів струму, що забезпечать компенсацію ЕРС обертання. Оскільки внутрішній зв'язок за ЕРС викликає погіршення якості

регулювання струму та швидкості двигуна, то повстає завдання її компенсації. В АЕП вплив ЕРС системи надто великий в порівнянні з системами ДПС, а компенсація самої ЕРС обертання дозволяє лінеаризувати систему АІН-АД і в більшості випадків знехтувати зв'язками двигуна. Синтезовані методом підпорядкованого керування передаточні функції регуляторів струму мають вигляд:

$$W_{p.c.1}(p) = \frac{1}{4 \cdot T_{\mu}} \quad (3)$$

$$W_{p.c.2}(p) = \frac{k}{T_s \cdot p + 1} \quad (4)$$

де T_s – постійна часу обмотки статора; k – коефіцієнт, що враховує модуль комутаційної функції АІН, опори фільтрів, параметри об'єкта керування та коефіцієнт передавання вентильного перетворювача за напругою.

На рис. 2 наведено результати імітаційної роботи АЕП з АІН та двигуном типу АД906У1 ($P_{ном}=240$ кВт, $n=1000$ об/хв, $I_{ном}=135$ А), який встановлюється в якості тягового АД на дизель-поїзді ДЭЛ-02. Моделювання проводилося за опорної частоти 300 Гц.

Настройка регулятора частоти виконувалася по симетричному оптимуму. Мала стала струмового контуру складала 5 мс.

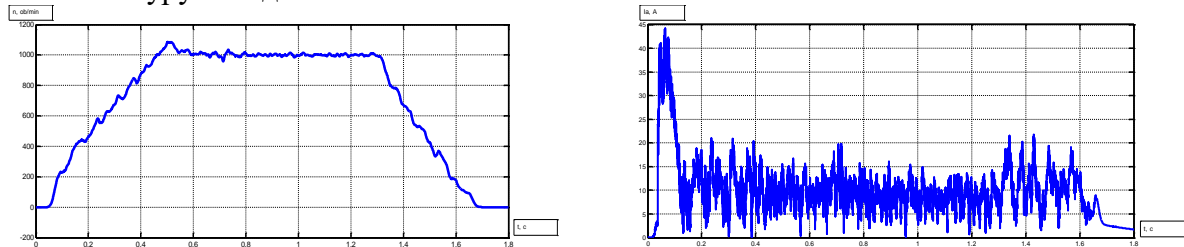


Рис. 2 Перехідні процеси системи регулювання АЕП без давача частоти обертання вала АД за умов зниженої опорної частоти

Коливальність системи пояснюється низькою опорною частотою та статизмом системи, що принципово відрізняє даний вид електроприводу від структури зі зворотнім зв'язком за частотою обертання ротора. Проте дане питання має перспективні рішення, які будуть втілені у майбутніх розробках авторів.

Розглянуті принципи регулювання АЕП без зворотного зв'язку за частотою обертання ротора АД та при понижених опорних частотах перемикання силових ключів АІН підтверджено результатами імітаційного моделювання та підготовлено до втілення у практичне використання на серійних АЕП, що випускаються ТОВ НДІ «Перетворювач».

Література

1. Волков А.В., Пивняк Г.Г. Современные частотно – регулируемые асинхронные электроприводы с широтно – импульсной модуляцией. – Днепропетровск, 2006. – 421 с.
2. Дацковский Л.Х., Роговой В.И., Абрамов В.И. Современное состояние и тенденции в асинхронном частотно – регулируемом электроприводе (краткий аналитический обзор) // Электротехника. – 1996. - №10. – с. 18-28.
3. Андриенко П.Д., Шрейнер Р.Т., Волков А.В. Динамика двухконтурной системы регулирования скорости асинхронного двигателя с обратной связью по частоте // ЭП. Электропривод. – 1982. - №9. – с. 5-8.