

## БАЗОВІ ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ СИНТЕЗУ ТА ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ДЛЯ ТЯГОВИХ АВТОНОМНИХ 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

Виконано аналіз підходів та вимог до побудови системи керування автономною тяговою електричною передачею. Показано, що функціональні завдання, які покладено на тягову електричну передачу, вимоги стандартів та особливості використання, що пред'являються до її техніко-економічних, екологічних, ергономічних та інших показників (точність, швидкодія, діапазон допустимих змін робочих показників, електромагнітна сумісність з іншими компонентами енергетичних систем, енергозбереження), приводять до необхідності створення систем тягових передач, в складі яких, окрім основного компоненту - електромеханічного перетворювача - повинні бути різноманітні перетворювачі енергії, пристрої контролю, керування, захисту, а перехід до цифрового керування відкриває можливості реалізації складних законів керування, які раніше було практично неможливо застосовувати. Основу інформаційних підсистем сучасних тягових електропередач складають пристрої на основі електронних контролерів, що мають ряд істотних переваг в порівнянні з аналоговими пристроями керування, які реалізують типові арифметичні і логічні функції, обробку масивів, регулювання електромагнітних і механічних змінних, стабілізацію, корекцію і компенсацію нелінійностей, спостереження, імітацію об'єкта керування і обробку законів роботи. В наслідок цього проведено аналіз побудови таких систем на основі електронних контролерів. Розповсюдження наведеного матеріалу на побудову систем керування тяговими передачами дозволить оптимізувати роботу останніх, та, як наслідок, зменшити споживання первинних енергоресурсів поїздами.

**Ключові слова:** система керування, пружні зв'язки, мікропроцесорна система, регулятори.

**Вступ.** Широко розповсюдженим є використання в тягових електропередачах асинхронних двигунів з частотним регулюванням, оскільки за своїми конструктивними особливостями частотно-регульовані тягові електропередачі з безколекторними електродвигунами змінного струму і напівпровідниковими перетворювачами частоти мають значні потенційні можливості для підвищення швидкості руху моторвагонних поїздів, економії трудових і, що особливо важливо, енергетичних ресурсів.

Необхідно зазначити характерні особливості тягових електропередач з автономними джерелами живлення, в яких з'являються специфічні, властиві лише даному класу систем вимоги:

- обмеженість потужності джерела живлення;
- зміна температури елементів тягової електропередачі в межах від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  (наприклад, початок роботи поїзда взимку за низької температури та поступове прогрівання під час руху до високих температур);
- необхідність зменшення масогабаритних показників систем для оптимізації енергоспоживання, зменшення габаритів конструкції;
- високі вимоги до якості та динаміки розгону і гальмування (підвищення прискорення до максимально можливого рівня, зменшення гальмівного шляху);
- необхідність встановлення в системі розвинутого інтерфейсу для підключення до різноманітних об'єктів діагностики, контролю, керування (пультів, комп'ютерів);
- високі вимоги до надійності системи (в більшості випадків такі тягові одиниці працюють в місцях, що віддалені від ремонтних пунктів, обслуговуючих

дільниць, тому швидкий оперативний ремонт ускладнений) [1].

Актуальною задачею є побудова тягових електропередач на основі сучасних методів проектування електроприводів змінного струму.

**Мета роботи** – аналіз сучасних технічних рішень синтезу та побудови перетворювачів для тягових автономних електропередач змінного струму.

**Матеріал і результати дослідження.** Для збільшення середньої швидкості руху моторвагонних поїздів, що визначає продуктивність роботи, необхідно скорочувати час розгону і гальмування поїзда. Однак великі прискорення та ривок (швидкість наростання прискорення) можуть виявити несприятливий фізіологічний вплив на пасажирів і вантаж, привести до надмірного споживання потужності від дизеля, тому ці параметри руху обмежені певними значеннями відповідно до технічного завдання. Це необхідно враховувати при розробці системи керування, яка також повинна обмежувати основні енергетичні характеристики тягової електропередачі, що регулюються САК. Створення системи керування, малочутливої до варіації параметрів об'єкта керування під час його роботи, можливе на базі регуляторів, синтезованих методом поліномів. Використання таких регуляторів у системах електроприводів апробовано та обґрунтовано з точки зору отриманих перехідних характеристик. При цьому питання зменшення залежності від зміни параметрів об'єкта керування методами синтезу регуляторів САК та оптимального синтезу регуляторів є актуальним, та розглядається багатьма авторами [2].

Складні системи з пружними зв'язками між елементами можна описувати та синтезувати у вигляді двомасових електромеханічних систем, в яких ком-

плекс пружних мас замінюється еквівалентною дією однієї пружної маси без значних якісних порушень синтезованої САК за такого припущення. Даний підхід є актуальним для використання при синтезі САК моторвагонних поїздів, де існує цілий ряд пружних елементів в системі тягової електропередачі (муфти, демпфери, амортизатори, пружини, ресори).

Основу інформаційних підсистем сучасних тягових електропередач, як правило, складають мікроконтролерні пристрої, що мають ряд істотних переваг в порівнянні з аналоговими пристроями керування, які реалізують типові арифметичні і логічні функції, обробку масивів, регулювання електромагнітних і механічних змінних, стабілізацію, корекцію і компенсацію нелінійностей, спостереження, імітацію об'єкта керування і обробку законів роботи.

Сучасні мікроконтролери є однокристальними електронно-обчислювальними машинами, цифровими сигнальними процесорами, адаптованими до завдань керування в реальному часі з цілим рядом інтегрованих пристроїв [2]:

- аналого-цифрові перетворювачі для введення сигналів аналогових давачів;
- формувачі вихідних широтно-імпульсних сигналів для прямого цифрового керування силовими перетворювачами;
- порти для сполучення з системами керування більш високого рівня.

Серед переваг мікроконтролерів слід назвати:

- гнучкість (можливість оперативної зміни структури, законів і параметрів системи керування);
- можливість реалізації разом з традиційними законами керування, прийнятими в аналогових системах, складніших методів для використання в адаптивних, самоналагоджувальних, взаємозв'язаних і багатоконтурних системах керування;
- оперативне тестування і діагностика поточного стану САК та її елементів, що сприяє ранньому виявленню несправностей та попередженню аварій;
- висока точність обробки інформації (в цифрових системах похибки, характерні для аналогових керуючих пристроїв, відсутні);
- можливість фіксації, зберігання і візуалізації масивів параметрів процесів керування, оперативної взаємодії з обслуговуючим персоналом;
- висока надійність, зменшена маса та габарити мікроконтролерних і комп'ютерних систем керування в порівнянні з аналоговими системами.

Наявність в складі мікроконтролерів великого об'єму пам'яті дозволяє реалізувати складні послідовності обробки даних і робити енергетичні об'єкти доступними за широким комплексом інформації з мікроконтролерів, що може характеризувати дані об'єкти. При цьому, навіть за використання відомих методів прямого вимірювання необхідних для керування величин, стає можливим, маючи невелике число давачів (переважно електричних величин) і, відповідно, каналів збору первинної інформації, визначати необхідну додаткову інформацію за допо-

могою обчислень в реальному часі. Така тенденція підкріплюється наявністю недоліків підходу прямого використання значної кількості давачів для вирішення завдань регулювання в системах змінного струму:

- високі вимоги до роздільної здатності первинних вимірювачів;
- необхідність побудови додаткових гальванічних розв'язок для підключення давачів;
- складність сполучення різних систем давачів в одному контурі регулювання.

Є можливість створення і впровадження тягових електропередач без використання механічних давачів, в яких характеристики механічного руху розраховуються по значеннях струму і напруги в обмотках статора.

Ідентифікація поточних параметрів тягової електропередачі пов'язана з низкою технічних проблем, що зумовлені необхідністю використання великої кількості обладнання.

У ряді робіт представлені результати досліджень і використання різних непрямих способів визначення параметрів САК. Наприклад, в електроприводі системи перетворювач частоти - асинхронний двигун, де як первинна інформація приймається струм в ланці постійного струму і напруга живлення. В багатьох роботах розглядаються питання розробки і дослідження різних давачів електричних та неелектричних величин:

- для багатодвигунової системи, в якій схема давача побудована відповідно до математичної моделі двигуна і забезпечує формування сигналу частоти обертання на основі вимірювання струмів і напруги;
- виконано теоретичне обґрунтування дискретного непрямого давача координат (кутової швидкості та електромагнітного моменту) двигуна з короткозамкнутим ротором, які можуть бути отримані в результаті перетворення рівнянь Парка-Горева, записаних в жорстко пов'язаній зі статором системі координат, до вигляду, що зв'язує частоту обертання і момент з фазними струмами і напругою.

**Висновки.** 1. Проведено аналіз сучасних технічних рішень синтезу та побудови перетворювачів для тягових автономних електропередач змінного струму.

2. 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. Двобічне квазівекторне регулювання швидкості обертання тягового двигуна

дизель-поїзда ДЕЛ-02 / Кулагін Д. О., Качур О. С., Андрієнко П. Д. // Вісник КДУ ім. М. Остроградського. – 2010. – № 4 (63). – С. 15–18.

2. 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.

## BASIC TECHNICAL SOLUTIONS SYNTHESIS AND BUILDING MANAGEMENT SYSTEMS CONVERTERS FOR TRACTION AUTONOMOUS POWER AC

### Kulagin D.

Zaporizhzhya national technical University

Zaporizhzhya, 69063, st. Zhukovskogo, 64. E-mail: nemix123@rambler.ru

The analysis of approaches and requirements to the building management system of Autonomous electric traction gear. It is shown that functional tasks entrusted to the traction electric transmission, standards and features of use applicable to its feasibility, environmental, ergonomic and other indicators (precision, performance, and the range of acceptable change operating parameters, electromagnetic compatibility with other components of the energy systems, energy saving), lead to the necessity of establishing systems of traction, which, in addition to a main component Electro-mechanical transducer must be different energy converters, device monitoring, control, protection, but the transition to digital control opens the possibilities for the implementation of a complex control law, which was previously almost impossible to apply. The basis of the information subsystems modern traction power devices are based electronic controllers have some significant advantages in comparison with analogue control devices that implement the model of arithmetic and logic functions, array processing, regulation of electromagnetic and mechanical variables, stabilization, adjustment and compensation nonlinearities, observation, imitation of a control object and process laws. In consequence of this, the analysis of building such systems on the basis of electronic controllers. Distribute this material for creation of control systems of traction gear will allow to optimize the latter, and, as consequence, to decrease the primary energy consumption trains.

**Key words:** control system, elastic connection, a microprocessor system controllers.

### REFERENCES

1. Kulagin, D. O., Kachur, O. S., Andrijenko, P. D. (2010), "Dual-zone quasi vector speed control traction motor diesel train DEL-02", *Visnyk KDU im. M. Ostrograds'kogo*, Vol. 4, no. 63, pp. 15–18.

2. Kulagin, D. O., Kachur, O. S., Andrijenko, P. D.

(2010), "Development of model of a modernized frequency-controlled traction electric drive with variable control algorithm diesel train DEL-02", *Elektrotehnika ta elektroenergetyka*, Vol. 1, pp. 30–34.