

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНІКА, ЗВ'ЯЗОК

УДК 681.32

*Демченко Ф.О., асистент
Панченко С.В., к.т.н., проректор (УкрДАЗТ)*

МЕТОДИ КЕРУВАННЯ ОБ'ЄКТАМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ (ОГЛЯД)

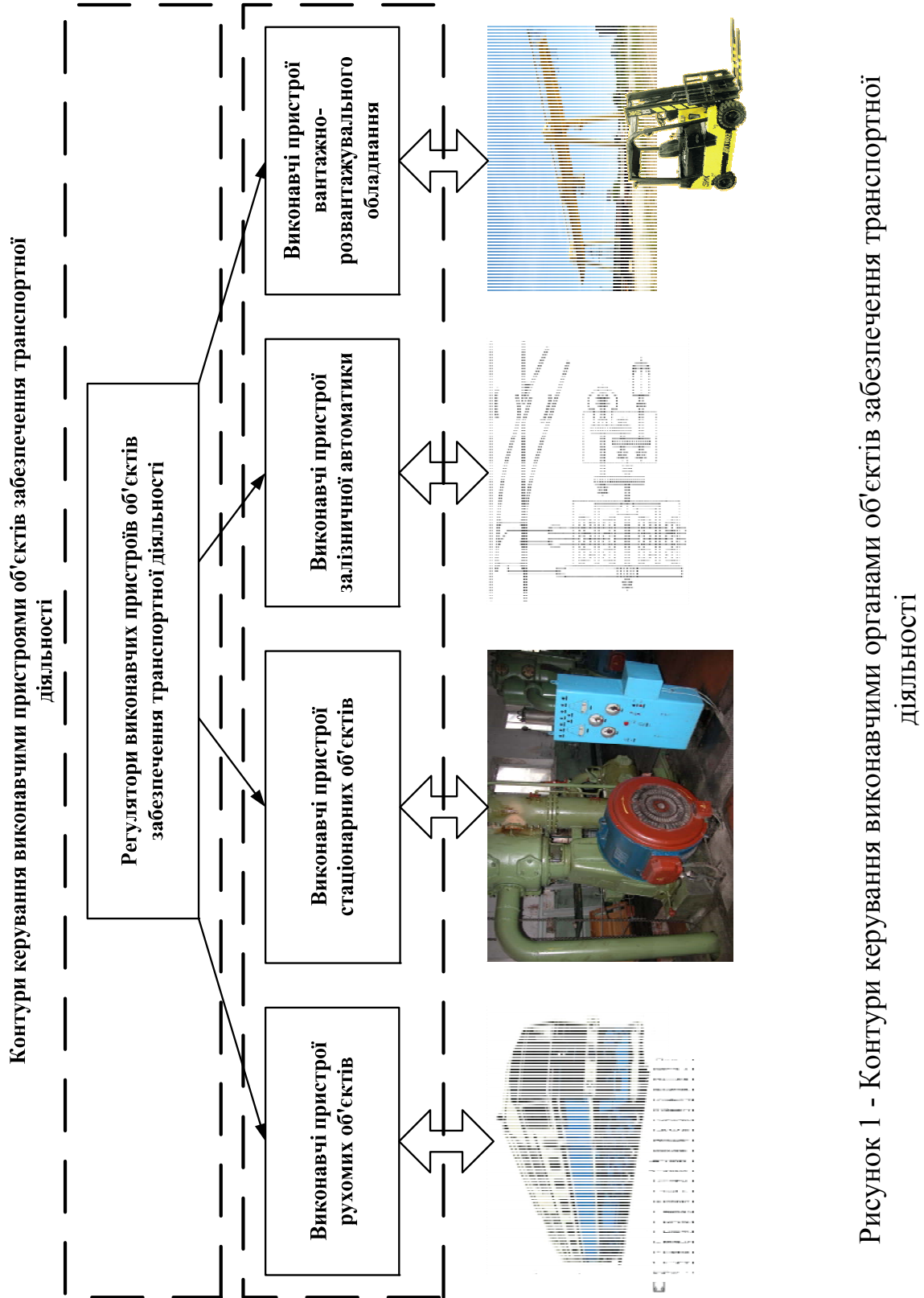
ЧАСТИНА 1. КЕРУВАННЯ ВИКОНАВЧИМИ ПРИСТРОЯМИ

Вступ. Виконавчі пристрої являються основним елементом об'єктів забезпечення транспортної діяльності. Тому побудова ефективних контурів керування ними є актуальною задачею.

Постановка задачі. З метою побудови уніфікованих контурів керування різними виконавчими пристроями доцільно розглянути області їх використання на різних об'єктах транспортної діяльності та встановити загальні характеристики.

Виконавчі пристрої об'єктів забезпечення транспортної діяльності та їх призначення. У теперішній час для забезпечення транспортної діяльності на залізницях широко використовуються різні стаціонарні та рухомі агрегати (рисунок 1):

- компресорні станції, що генерують пневматичну енергією для функціонування сповільнювачів сортувальних станцій;
- рухомі одиниці (локомотиви, дизель-поїзди, електропоїзди залізниць та метрополітенів, самохідні агрегати й т.д.);
- підйомно-транспортне обладнання, у тому числі різні маніпулятори, що забезпечують виконання вантажно-розвантажувальних робіт та складування, наприклад, контейнерів;
- стрілочні приводи систем залізничної автоматики;
- перспективні роботизовані комплекси й т.п.



Невід'ємною частиною таких агрегатів є електромеханічні перетворювачі й виконавчі пристрої різної потужності. У більшості об'єктів забезпечення транспортної діяльності, як виконавчі пристрої використовуються електричні машини постійного та змінного струму.

Перераховані об'єкти вимагають для свого функціонування реалізації різних контурів керування, у тому числі підсистем залізничної автоматики.

Створення сучасних контурів керування виконавчими пристроями транспортних засобів та ОЗТД повинне базуватися на використанні новітніх досягнень теорії керування, силової електроніки, механіки, мікроелектроніки й комп'ютерної техніки.

При роботі контуру керування електрична енергія, що надходить із мережі, перетворюється електродвигуном у механічну енергію, яка передається виконавчим пристроям ОЗТД і витрачається на виконання технологічного процесу. У всіх ланках каналу керування частина енергії губиться. Необхідно скорочувати витрати енергії при її перетворенні й передачі.

Особливості побудови контурів керування існуючих виконавчих пристроїв. Узагальнена структура контуру керування об'єктом забезпечення транспортної діяльності показана на рисунку 2.

У цій структурі можна виділити: інформаційний канал, що містить датчики та спостерігачі (2, 8); підсистему регулювання (1, 3, 4, 5) і виконавчий пристрій (6, 7). У більшості випадків регулятори контурів керування будуються з використанням підлеглої структури. У сукупності, перераховані пристрої утворюють об'єкти забезпечення транспортної діяльності.

Синтез контурів керування для ОЗТД здійснюється в більшості випадків на основі лінійних законів керування з використанням інтегральних критеріїв якості [28]. Застосування традиційних інтегральних критеріїв не дозволяє одержати прості для реалізації алгоритми керування, вимагає складних обчислень і не забезпечує бажаної якості керування. Інтегральні критерії володіють рядом істотних недоліків. По-перше, їх застосовують, якщо є апріорна інформація про вхідні впливи. По-друге, використання критерію навіть при керуванні об'єктами невисокого порядку може привести до слабо загасаючих перехідних процесів.

По-третє, синтез закону керування, що мінімізує інтегральні критерії, вимагає значних обчислювальних витрат [28-30].

Для контурів підлеглого регулювання переважно використовується модульний критерій і критерій симетричного оптимуму. Обидва методи засновані на виборі великої постійної часу об'єкта, що компенсується.

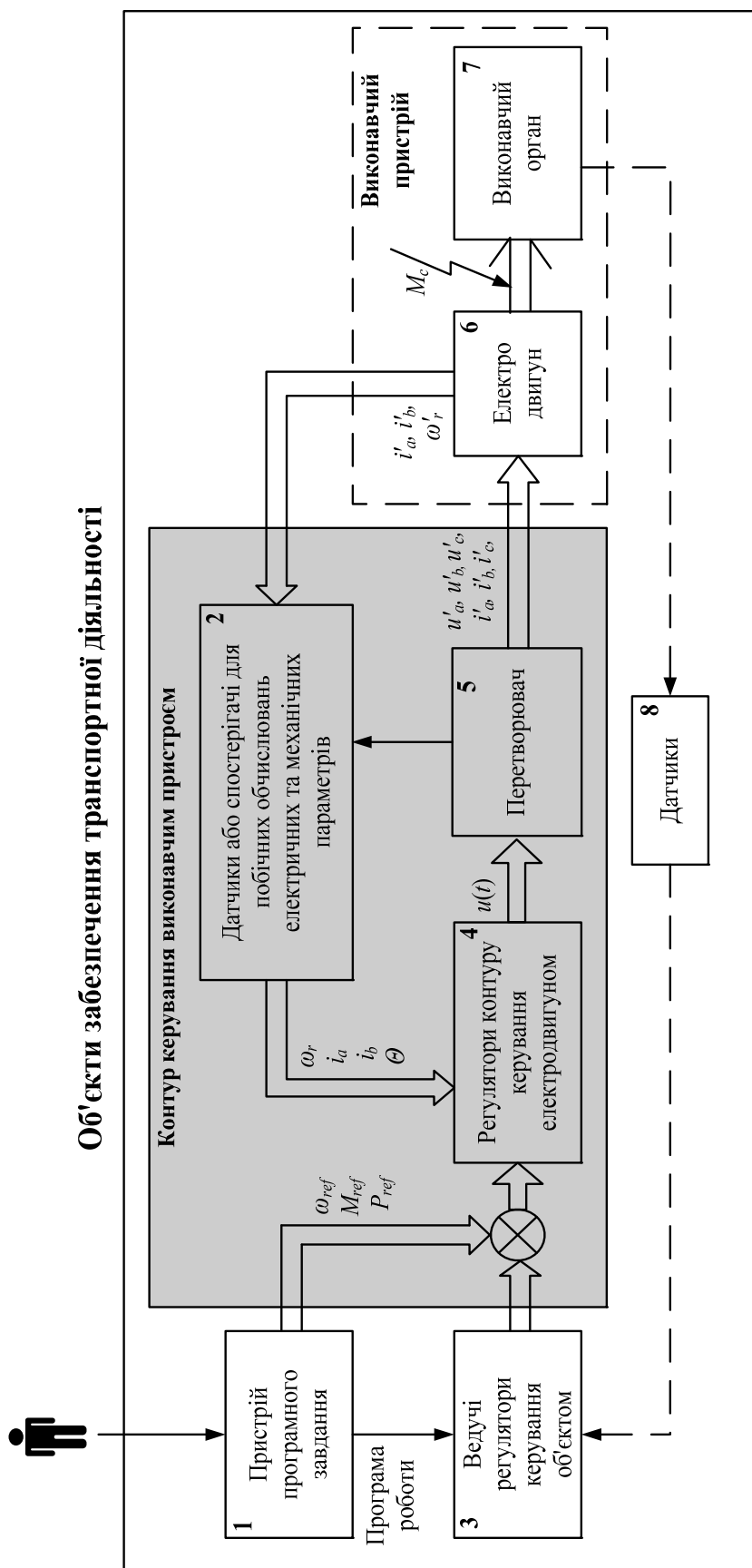


Рисунок 2 - Узагальнена структура контуру керування об'єктом забезпечення транспортної діяльності :
 $\omega_r, u_a, u_b, u_c, i_a, i_b, i_c, M_c$ – величини, що характеризують роботу електродвигуна;
 $\omega_r, \omega_{ref}, \theta, i_a, i_b, M_{ref}, P_{ref}$ – уніфіковані величини.

Слід зазначити, що в реальних умовах функціонування контурів керування випадкові фактори, наприклад зміна характеристик датчиків, параметрів об'єктів керування, можуть привести до втрати стійкості системи, синтезованої за критеріями мінімуму інтеграла помилки, модульного критерію та критерію симетричного оптимуму.

У зв'язку з цим для оптимізації параметрів контурів доцільно застосувати критерій максимального ступеня стійкості [29,30]. Використання цього критерію дозволяє одержати порівняно прості інженерні співвідношення для вибору параметрів настроювання регуляторів і забезпечити високу якість процесів керування. При цьому параметри регуляторів однозначно зв'язані простими алгебраїчними вираженнями з параметрами об'єкта. Критерій максимального ступеня стійкості позбавлений недоліків інтегрального критерію та завідомо забезпечує найбільшу стійкість.

Реалізація керування виконавчими пристроями [3, 4, 5] містить у собі виконання наступних функцій:

- установка необхідної швидкості в межах заданого діапазону;
- стабілізація встановленого значення швидкості;
- компенсація збурюючих впливів, наприклад, зміни навантаження на валу двигуна;
- регулювання моменту, що розвивається виконавчим механізмом у режимі двигуна та гальмовому режимах, а також режимах прискорення (уповільнення);
- формування необхідного характеру зміни швидкості у часі і з заданою точністю.

Залежно від технологічних вимог контури керування повинні здійснювати регулювання по одному з головних контрольованих параметрів: моменту, швидкості або положенню виконавчого пристрою (це не означає, що при цьому не регулюються інші параметри; наприклад, швидкість і т.п.).

Для об'єктів забезпечення діяльності залізничного транспорту виконавчі пристрої можна класифікувати по типу використовуваних електродвигунів (рисунок 3).

Сучасний етап розвитку контурів керування виконавчими пристроями ОЗТД [5, 10] характеризується значним розширенням області застосування регульованих електродвигунів змінного струму (раніше використовувалися в основному електродвигуни постійного струму, що володіють найкращими регульованими властивостями та у той же час мають відомі конструктивні недоліки).



Рисунок 3 - Класифікація виконавчих пристроїв по типу двигуна

У теперішній час найпоширеніша структура керування виконавчими пристроями ОЗТД містить у собі двигун змінного струму, перетворювач частоти з ланкою постійного струму та інвертором з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ).

У перетворювачах з ланкою постійного струму змінна вихідна напруга формується автономним інвертором з напруги постійного струму. Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму підрозділяються на перетворювачі з автономним інвертором струму та автономним інвертором напруги. У цей час широко використовуються перетворювачі з автономним інвертором напруги.

Останнім часом для керування виконавчими пристроями ОЗТД починають широко застосовуватися (в автомобілях, компресорах) і проектуватися (для тепловозів) контури керування приводом виконавчих пристроїв із синхронними двигунами, у тому числі й із збудженням від постійних магнітів [12-17] і ін.

Прикладами таких об'єктів забезпечення транспортної діяльності є:

1. *Компресорні станції локомотивних і вагонних депо, сортувальних гірок і т.д.* У контурі керування (рисунок 4) як виконавчий пристрій показаний компресор, що забезпечує необхідний тиск повітря або газу в магістралі споживачів (гіркові сповільнювачі, пневмоочищення стрілок, агрегати газотранспортних систем та т.і.).

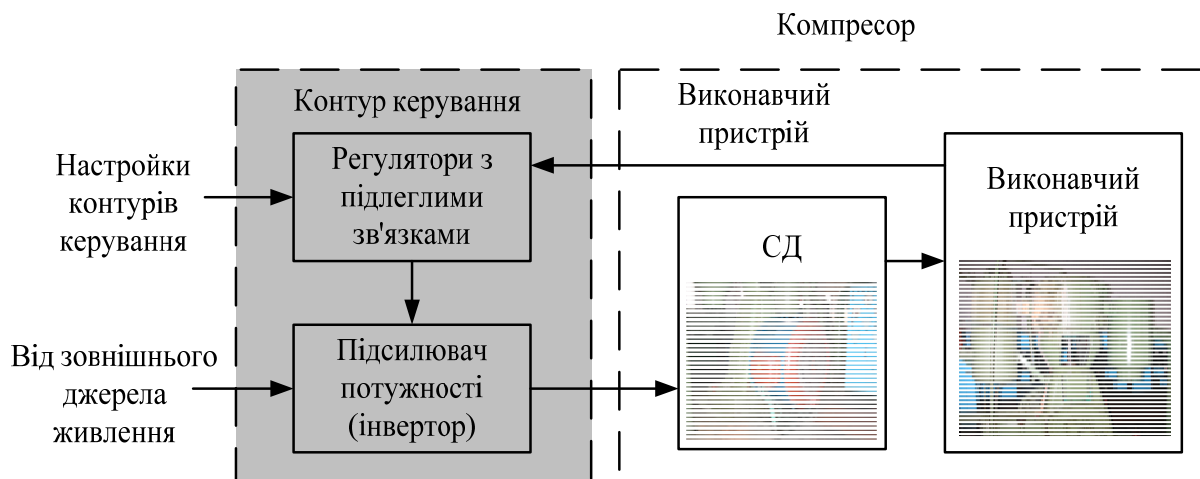


Рисунок 4 - Контур керування компресором залізничних станцій

2. Колісна пара локомотива FD64 [21-24]. У комплексі пристроїв локомотива FD64, застосована послідовна схема гібридної безпосередньої електромеханічної передачі (рисунок 5).

При послідовній структурі виконавчий пристрій одержує живлення за рахунок перетворення змінного струму отриманого від дизель-генераторної установки з використанням керованого випрямляча.

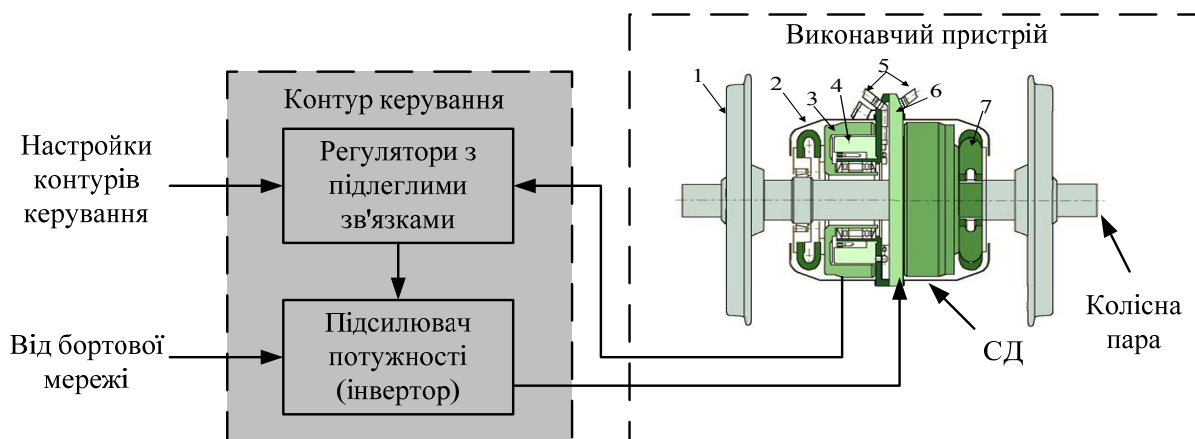


Рисунок 5 - Контур керування виконавчими пристроями локомотива FD64:
 1 - колісна пара; 2 - кожух двигуна; 3 - ротор з постійними магнітами; 4 - статор з обмотками; 5 - елементи кріплення двигуна до рами візка; 6 - несучий диск; 7 – муфта

У цій структурі характерна наявність безпосередньої передачі між двигуном і колісною парою, тобто ротор двигуна, перебуває на осі колісної пари. При такому керуванні СД забезпечує підвищений обертаючий момент за рахунок відсутності редуктора.

3. *Колісна пара локомотива ВЛ80В* [25-27]. Виконавчий пристрій побудований за класичною структурою електродвигун-редуктор-колесо. Як живлення використовується напруга від контактної мережі. У контурі керування виконавчим пристроєм для реалізації підсилювача потужності використовується інвертор (рисунок 6).

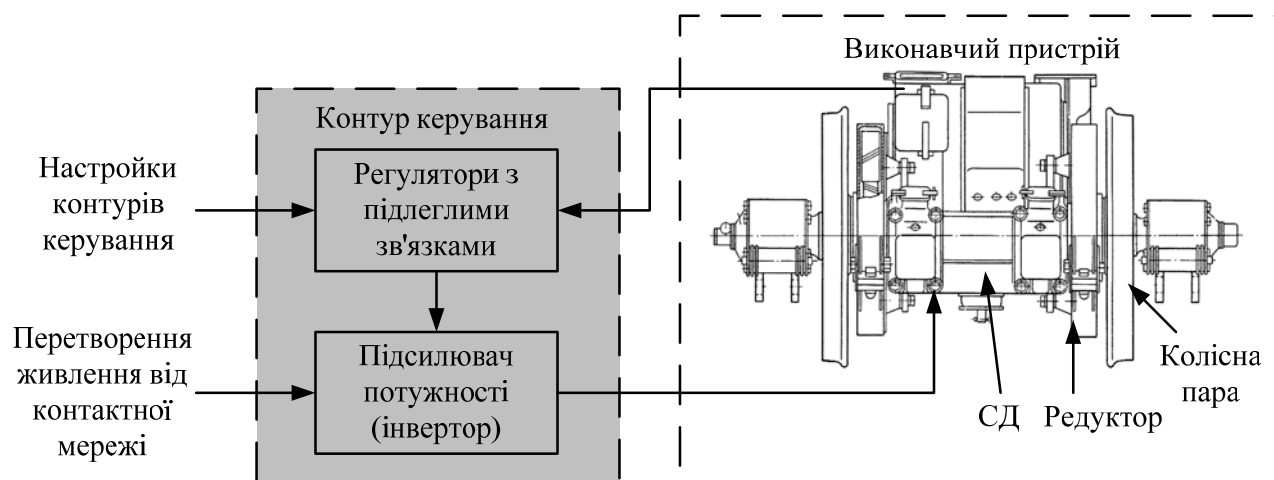


Рисунок 6 - Контур керування виконавчим пристроєм локомотива ВЛ80В

Тут як виконавчий пристрій використовується з'єднання редуктор-колісна пара.

4. *Гібридний привід автомобілів Toyota Prius і Estima* [18], *Lexus серій LSh, GSh і RXh* [19]. Структура гібридного приводу (рисунок 7) побудована за принципом послідовно-паралельних гібридних систем.

У випадку гібридних автомобілів Lexus серії RXh, які мають привід на всі колеса, задній привід реалізується за структурою послідовного гібридного приводу (рис. 8).

Також як при реалізації переднього приводу, виконавчим пристроєм для СД є редуктор, що передає механічний момент на колеса, тобто момент навантаження забезпечується редуктором, з'єднаним з колісьми.

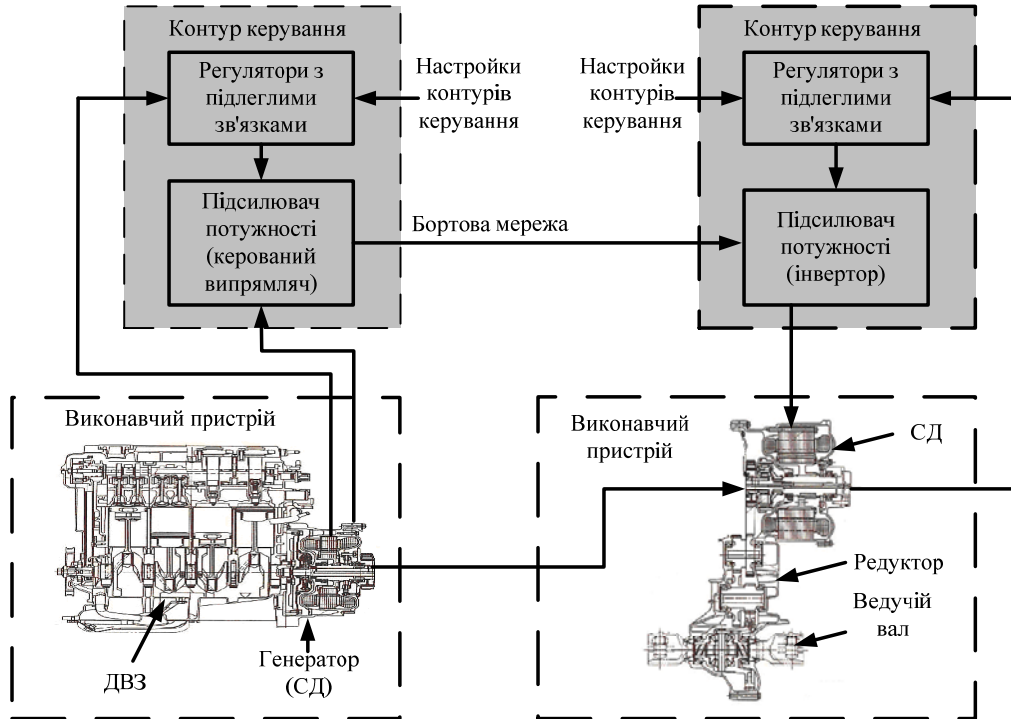


Рисунок 7 - Контури керування виконавчими пристроями автомобілів фірм Toyota і Lexus

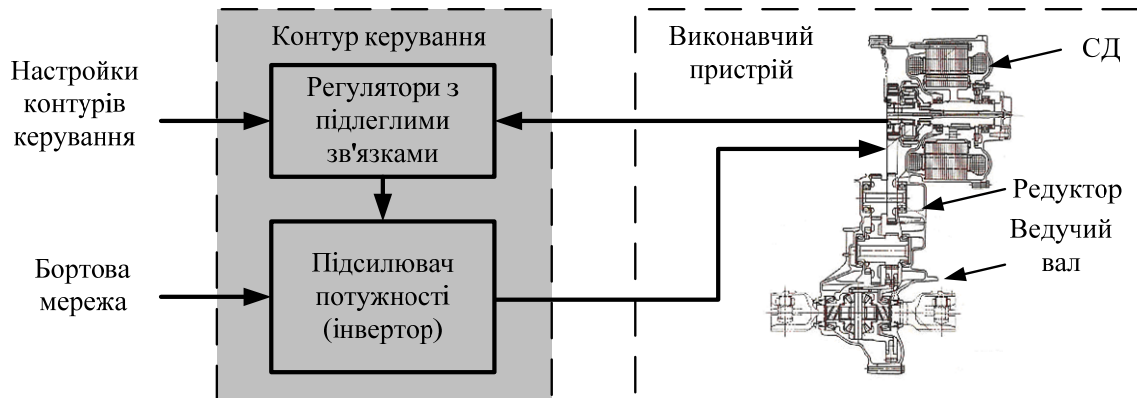


Рисунок 8 - Контури керування виконавчими пристроями заднього приводу автомобілів фірм Toyota і Lexus

5. Гібридний привід бойової машини *RST-V AHED* (рисунок 9) [20] фірми *General Dynamics Land Systems (GDLS)*.

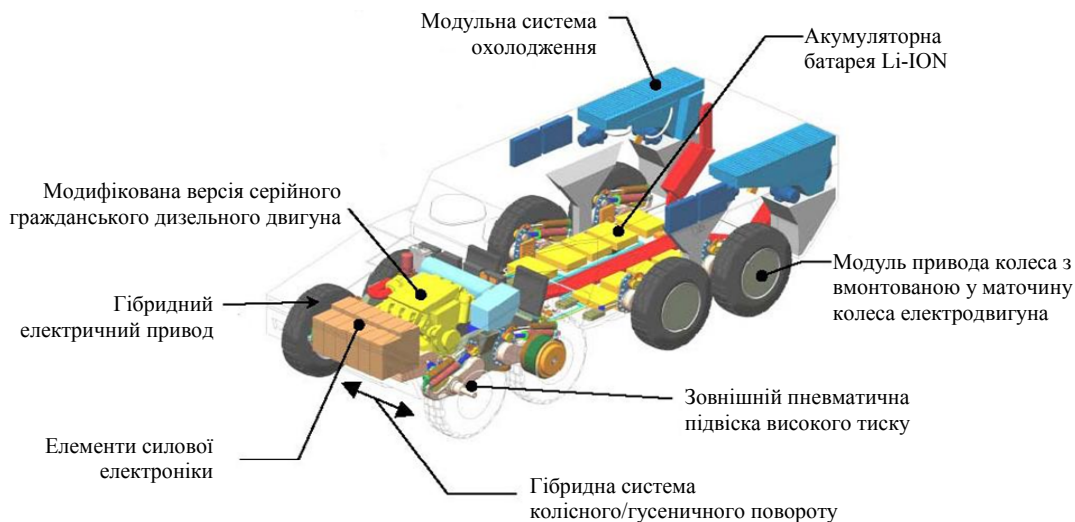


Рисунок 9 - Блок-схема бойової машини *RST-V AHED*

Цей привід є представником послідовного гібридного приводу (рисунок 10.). В структурі двигун безпосередньо реалізує передачу електромагнітного моменту на колесо. Фактично до ротора СД кріпиться колесо і момент навантаження реалізується колесом.

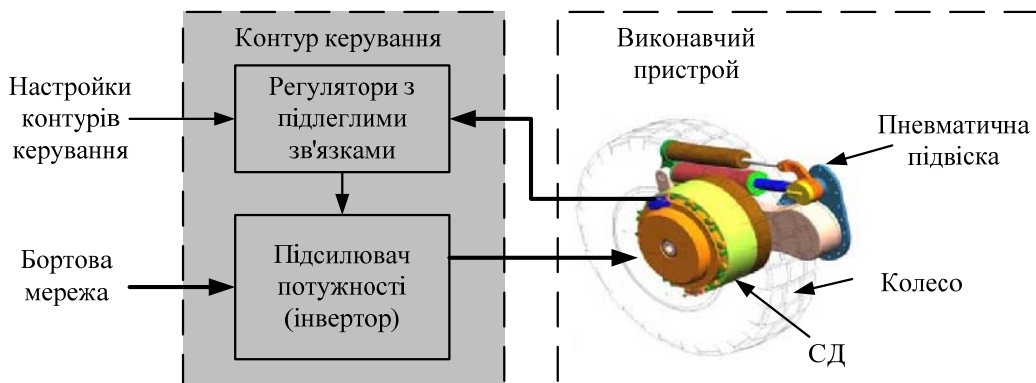


Рисунок 10 - Структура послідовного гібридного приводу фірми GDLS

Висновки. Виконаний огляд показує, що використання виконавчих пристроїв на основі синхронних двигунів із збудженням від постійних магнітів є перспективним напрямком удосконалення об'єктів забезпечення транспортної діяльності. У другій частині статті будуть розглянуті методи побудови уніфікованих контурів керування виконавчими пристроями.

Список літератури

1. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320 с.
3. Онищенко Г.Б. Электрический привод: Учебник для вузов. — М.: РАСХН, 2003. —320 с.
4. Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1992. - 544 с.
5. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов/М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.
6. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 392с.
7. рачев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию для студентов заочного обучения спец. 180400. 2-е издание, дополненное. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 137 с.
8. Чиликин М.Г., Сандлеров А.С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
9. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 560 с.
10. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. Г. Соколовский. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 272 с.
11. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоиздат, 2001. – 576 с., ил.
12. Wallmark O. On Control of Permanent – Magnet Synchronous Motors in Hybrid - Electric Vehicle Application. Chalmers University of technology Geteborg Sweden, 2004.
13. Rcefenstahl U. Electricishe Antreibstechnik – Magdeburg: Otto-von – Gericke – Universitat Magdeburg, 2000. - 400s.
14. Mihailovic Z. Modeling and control design of VSI-FED PMSM drive systems with active load. Virginia Polytechnic Institute, 1998. – 145p.
15. Levi E., Jones M., Vukosavic S.N.. A Series-Connected Two-Motor Six-Phase Drive with Induction and Permanent Magnet Machines /IEEE Transactions on Energy Conversion. - 1998. - Vol.21, №1

16. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока /Перельмутер В.М. – Х.: Основа, 2004 – 210с.
17. Д.В. Корельский, Е.М. Потапенко, Е.В. Васильева. Обзор современных методов управления синхронными двигателями с постоянными магнитами / Радиоэлектроника Информатика Управління. – 2001. - №2 – С155-159.
18. Toyota Hybrid System. Toyota Press Information, 1997. – 16с.
19. Lexus Hybrid Drive. Lexus Knowledge Center Information, 2001. – 18 с.
20. Elektrische Kraftübertragung-Technologie und praktische. Anwendung Soldat und Technik, - 2003 - Mai. С. 22-27.
21. Т. Koch // Eisenbahningenieur. – 2002. - № 8. - Р. 59 – 65.
22. О. Körner // Elektrische Bahnen. – 2004. - № 11. - Р. 463 – 473.
23. Непосредственный привод тяговый привод // Железные дороги мира. – 2005. - № 9. – С. 27- 31.
24. Сравнение концепций механической части трехфазного тягового привода //Железные дороги мира. – 2005. - № 9. – С. 32-40.
25. Вентильные двигатели и их применение на электроподвижном составе / Б. Н. Тихменев, Н. Н. Горин, В. А. Кучумов, В. А. Сенаторов. - М.: Транспорт, 1976. 280 с.
26. С. Н. Прокофьев, С.В. Волконовский. Усовершенствование системы управления вентильным тяговым приводом // [Вестник ВНИИЖТ. 2003. - №1.](#)
27. Раков В.А. Локомотивы и мотор-вагонный подвижной состав железных дорог Советского Союза. – М.: Транспорт, – 1979. - 213 с.
28. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288с.
29. Шубладзе А.М. Синтез оптимальных линейных регуляторов // Автоматика и телемеханика. – 1984. - №12. – С. 22-33.
30. Загарий Г.И., Шубладзе А.М. Синтез систем управления на основе критерия максимальной степени устойчивости. – М.: Энергоатомиздат, – 1988.

УДК 656.25:656.2.08:656.256

Ченцов М.Н., к.т.н., доцент (ДонИЖТ2)

**АНАЛИЗ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЙ БАЗЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ**

Постановка проблемы в общем виде. Технический термин «управление», как правило, применяется для определения процесса