



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **151236** (13) **U**
(51) МПК (2022.01)

B60K 6/00

H02P 23/08 (2006.01)

H02P 23/26 (2016.01)

H02P 25/30 (2006.01)

H02P 27/04 (2016.01)

H02P 27/06 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

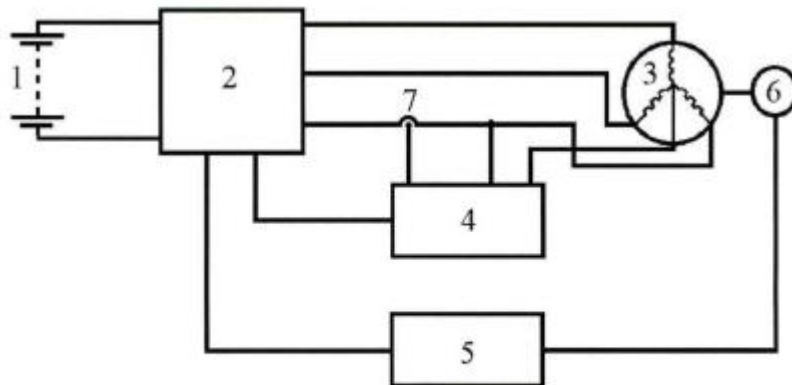
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2021 07659	(72) Винахідник(и): Двадненко Володимир Якович (UA), Дзюбенко Олександр Андрійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 28.12.2021	(73) Володілець (володільці): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 23.06.2022	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 22.06.2022, Бюл.№ 25	

(54) СПОСІБ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛІННЯ АСИНХРОННИМ ТЯГОВИМ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

(57) Реферат:

Спосіб скалярного частотного управління асинхронним тяговим електродвигуном, згідно з яким визначають оптимальні характеристики управління силовим електроприводом гібридного автомобіля, причому при рівномірному русі автомобіля на електроприводі зі швидкістю 30-60 км/год. використовують канал управління частотою, за допомогою якого вибирають частоту, пропорційну швидкості автомобіля, а за допомогою каналу управління напругою фаз вибирають таку трифазну змінну напругу, при подачі якої на всі три фази на одній із них забезпечується заданий коефіцієнт потужності.



Фиг. 1

UA 151236 U

Корисна модель належить до автомобільної техніки і може бути використана в м'яких гібридних автомобілях.

Відомий спосіб частотного управління асинхронним електродвигуном у скалярному режимі (Анучин А.С. Системы управления электроприводов - Издательский дом МЭИ; ISBN: 978-5-383-00918-5; 2015, 373 с). Нині, попри конкуренцію з векторними методами управління, він досить поширений, оскільки, дозволяє вирішувати багато технічних завдань масового електроприводу простіше та ефективніше. У разі скалярного управління із збереженням постійним відношення напруги до частоти необхідно зі збільшенням швидкості обертання збільшувати напругу живлення статора. Однак синхронна частота асинхронного двигуна не дорівнює частоті обертання вала, а ковзання асинхронного двигуна залежить від навантаження. Таким чином система контролю зі скалярним керуванням без додаткових зворотних зв'язків не може точно контролювати роботу двигуна при навантаженні, що змінюється.

Метод скалярного управління відносно простий у реалізації, але має суттєві недоліки:

- має погану динаміку при пуску двигуна з нерухомого стану
- має відносно вузький діапазон регулювання швидкості обертання (не більше 1:10)
- погано пристосовується до зміни навантаження.

Найближчим аналогом, є технічне рішення, що використовується в силовій електроніці автомобілів Tesla S, Tesla X, ELLADA. В них частотне управління тяговим асинхронним електродвигуном виробляється інвертором з векторним регулюванням (Tesla S і Tesla X. <https://avtodvigateli.com/marki/dvigatel-tesla.html>, ELLADA <https://www.drive2.ru/b/966580/>). Відмінною особливістю системи векторного управління асинхронним тяговим електроприводом є необхідність використання додаткового обчислювального блока, в якому проводиться оцінка модуля вектора потокозчеплення ротора та поточного кутового положення. Це здійснюється шляхом вирішення в реальному часі системи диференціальних рівнянь, складених відповідно до математичної моделі асинхронного електродвигуна.

Порівняно зі скалярним, векторний метод управління має такі переваги:

- широкий діапазон регулювання швидкості;
- плавне регулювання швидкості обертання двигуна у всьому діапазоні частот;
- можливість утримання сталої швидкості при зміні навантаження електроприводу;
- зменшення втрат при перехідних процесах у приводі (у зв'язку з цим деякий збільшений ККД двигуна).

Векторний перетворювач частоти використовують там, де потрібно забезпечити широкий діапазон регулювання, особливо на низьких частотах обертання.

Незважаючи на ряд вагомих переваг, варто відзначити, що обчислювальна складність при векторному методі управління висока, і при розрахунку оптимальних режимів роботи приводу необхідно враховувати велику кількість параметрів електроприводу. Коротко про недоліки векторного управління можна сказати так: дорого у розробці, виробництві та обслуговуванні. Крім цього, коливання швидкості при постійному навантаженні більше, ніж при скалярному методі управління. Тому там, де не потрібна велика глибина регулювання і немає вимоги забезпечити високий крутний момент, при невеликій швидкості обертання, застосовують скалярний метод.

Задачею корисної моделі, що заявляється, є зниження вартості реалізації запропонованого способу за допомогою системи тягового електроприводу шляхом зменшення обчислювальних потужностей системи управління та кількості датчиків поточного стану електроприводу.

Для вирішення поставленої задачі в способі скалярного частотного управління асинхронним тяговим електродвигуном в м'якому гібридному автомобілі, при рівномірному русі автомобіля на електроприводі зі швидкістю 30-60 км/год. використовується канал керування частотою, який вибирає частоту пропорційну швидкості автомобіля, а канал керування напругою фаз вибирає таку трифазну змінну напругу, при подачі якої на всі три фази, хоча б на одній з них забезпечується заданий коефіцієнт потужності.

Для реалізації цього способу в м'якому гібридному автомобілі, який електричну енергію тягової акумуляторної батареї витрачає лише на рівномірний рух або рух з малими прискореннями зі швидкістю 30-60 км/год (Дваденко В.Я., Пушкар О.Б. Улучшение экономических и экологических характеристик микрогибридного автомобиля. /Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. - 2019.- Вып. 45. - С. 12-22). Такий м'який гібридний автомобіль не використовує роботу електродвигуна на малих обертах та працює у порівняно вузькому діапазоні обертів. У такому автомобілі асинхронний тяговий електродвигун кінематично пов'язаний за допомогою поліклінової передачі з вторинним валом механічної коробки передач. Для управління асинхронним двигуном використовують канал керування частотою та канал керування напругою фаз.

З метою управління частотою використовують датчик швидкості автомобіля, оскільки сигнал пропорційний частоті обертання осі асинхронного двигуна. Знаючи число пар полюсів статора та коефіцієнт пропорційності між частотою сигналу датчика швидкості автомобіля та частотою обертання вала асинхронного електродвигуна, частоту трифазної змінної напруги, яку треба

5 подавати на асинхронний електродвигун, отримують шляхом додавання номінального абсолютного ковзання. Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де зображено блок-схему системи для реалізації запропонованого способу управління тяговим асинхронним електродвигуном в м'якому гібридному автомобілі, де позначені: 1 - тяговий акумулятор, 2 -

10 силовий трифазний інвертор, 3 - асинхронний електродвигун, 4 - канал управління напругою, 5 - канал управління частотою, 6 - датчик швидкості автомобіля, 7 - датчик струму фази.

Для визначення оптимальної напруги, яка в загальному випадку залежить не тільки від частоти, а й від навантаження електродвигуна користуються законом М.П. Костенка (Костенко М.П. Работа многофазного асинхронного двигателя при переменном числе периодов. - Электричество, 1925. - № 2. - С. 85-95). Якщо в двигуні насичення слабке, то оптимальних умов роботи необхідно відносно напругу змінювати пропорційно добутку відносної частоти на корінь квадратний з відносного моменту. При цьому асинхронний двигун працюватиме при постійному абсолютному ковзанні, постійному запасі статичної стійкості та постійному коефіцієнті потужності (Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями / Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. - 94 с.).

15

Оскільки визначати момент за допомогою датчиків складне завдання, використовуємо ту обставину, що від моменту навантаження асинхронного двигуна залежить його коефіцієнт потужності. Коефіцієнт потужності визначають за допомогою недорогих спеціалізованих мікросхем (мікроконтролери для електронних лічильників кіловат-годин, наприклад, ADE7755). Канал керування напругою використовує сигнали датчиків струму та напруги фази двигуна, які

25 обробляються спеціалізованим контролером і далі подаються на мікроконтролер блока керування. За допомогою блока управління змінюють напругу фаз двигуна щодо напруги заданої частотою таким чином, щоб підтримувати задане значення коефіцієнта потужності, оскільки для асинхронного двигуна невелика реактивна потужність потрібна для формування магнітного поля ротора.

Технічним результатом корисної моделі, що досягається зазначеними вище відмінними ознаками, є можливість застосування в м'якому гібридному автомобілі малопотужного асинхронного двигуна з частотним скалярним управлінням, що знижує вартість реалізації зазначеного способу частотного управління асинхронним тяговим електродвигуном силової установки гібридного автомобіля.

30

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб скалярного частотного управління асинхронним тяговим електродвигуном, згідно з яким визначають оптимальні характеристики управління силовим електроприводом гібридного

40 автомобіля, який **відрізняється** тим, що при рівномірному русі автомобіля на електроприводі зі швидкістю 30-60 км/год. використовують канал управління частотою, за допомогою якого вибирають частоту, пропорційну швидкості автомобіля, а за допомогою каналу управління напругою фаз вибирають таку трифазну змінну напругу, при подачі якої на всі три фази на одній із них забезпечується заданий коефіцієнт потужності.

