

УДК 81`38

РУШАННЯ Й СТОПОРІННЯ ЯК ЕНЕРГОКІНЕМАТИЧНІ РЕЖИМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПРОМИСЛОВИХ МЕХАНІЗМІВ

- РОДЬКІН Д.Й.** д-р техн. наук, професор кафедри системи автоматичного керування і електроприводу Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна;
- ХРЕБТОВА О.А.** канд. техн. наук, доцент кафедри системи автоматичного керування і електроприводу Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна. e-mail: 34092@ukr.net;
- ЗАЧЕПА Н.В.** канд. техн. наук, доцент кафедри системи автоматичного керування і електроприводу Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна. e-mail: zachepa.nataliia@ukr.net
- ЗАЧЕПА Ю.В.** канд. техн. наук, доцент кафедри системи автоматичного керування і електроприводу Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, Кременчук, Україна. e-mail: zip1981@ukr.net

Мета роботи. Провести аналіз чинних технічних термінів, що відповідають фізичним процесам в системі електропривода за час нетипових динамічних режимів. Виконати огляд можливих режимів в кінематичних ланках електропривода під час динамічних режимів, що можуть впливати на характер протікання перехідних процесів. Сформулювати визначення технічних термінів, що характеризують реальні енергокінематичні режими під час рушання та пуску електропривода промислових механізмів, які раніше не розглядалися як не суттєві або як не існуючі.

Методи дослідження. Для розв'язання поставлених задач проведено аналіз технічних термінів, що визначені, технічною літературою, ГОСТами, ДСТУ тощо. Для формулювання нової термінології для фізичних процесів нетипових режимів виконано аналіз фізико-енергетичних процесів, що протікають в електричних та кінематичних ланках електропривода за таких динамічних режимів.

Отримані результати. Визначені можливі випадки виникнення нетипових режимів роботи кінематичних кіл та енергетичних каналів перетворення енергії за час пуску електроприводів технологічних механізмів під навантаженням, для характеристики яких відсутня технічна термінологія. За результатами аналізу енергокінематичних режимів запропонована технічна термінологія, що в повною міру висвітлює та характеризує розглянуті нетипові процеси, що мають місце під час виконання рушання та пуску технологічних механізмів.

Наукова новизна. Вперше запропонована технічна термінологія, що характеризує енергокінематичні режими електроприводів технологічних механізмів під час пуску.

Практична цінність. Вперше пропонується застосування технічних термінів для чіткого і наочного представлення енергокінематичних режимів, що відбуваються під час рушання та пуску під навантаженням різних видів технологічних механізмів.

Ключові слова: технічні терміни; енергокінематичні режими; рушання; стопоріння.

I. ВСТУП

Робота електротехнічних пристроїв виконується за загальними принципами і складається з основних складових цього процесу. Для вірного уявлення, процесів, що відбуваються в електричних машинах та електроприводі застосовується терміни, які здебільшого визначені ГОСТами та ДСТУ.

Технічна термінологія – це термінологія галузі техніки, яка пов'язана з окремими галузями виробництва та промисловості [1]. Термінологія (від лат. Terminus – «кінець, межа» та гр. Λογία – «наука, вчення») сукупність термінів галузей науки, техніки, мистецтва або всіх термінів будь-якої мови [2]. Термін – слово чи словосполучення, що означає спеціа-

льне поняття у науці, техніці, мистецтві [3].

II. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Технічні терміни встановлювалися на початкових етапах розвитку електропривода, тому терміни для деяких процесів, що відбуваються під час спеціальних режимах роботи електропривода, були не визначені, тому що розглядалися як несуттєві або як не можливі.

З урахуванням інтенсивного розвитку мікропроцесорної техніки і методик автоматичного керування, які дозволяють реалізувати різні режими роботи електропривода в автоматизованому режимі з одного боку і зростання вимог до якісного виконання технологічних операцій, виникає питання про представлення

термінів які чітко відображають ті фізичні процеси, які відбуваються в електроприводі під час виконання технологічного циклу.

Застосування нових розробок під час автоматизації систем електропривода технологічних механізмів та розробка оригінальних алгоритмів керування цих систем дозволяє формувати індивідуальні режими роботи електроприводів технологічних механізмів які не мають чіткого представлення у вигляді технічної документації [4]-[10]. Сучасна лінгвістична наука направлена на інтеграцію української технічної термінології до європейського зразку та випускає із виду формування нових технічних термінів в сучасній вітчизняній науці.

III. МЕТА РОБОТИ

Використовуючи існуючі ГОСТи, ДСТУ, технічну літературу та технічні словники проведено аналіз існуючих технічних термінів які відповідають фізичним процесам що проходять в системі електропривода під час не типових динамічних режимах. На базі сучасних розробок щодо систем керування електроприводом і розробки оригінальних алгоритмів керування технологічними процесами виконати огляд можливих режимів в кінематичних ланцюгах електропривода під час динамічних режимів, що можуть впливати на характер протікання перехідних процесів. На базі отриманих досліджень сформувані визначення технічних термінів які позначають реальні енергокінематичні режими під час рушання та пуску електропривода промислових механізмів, які раніше не розглядалися як не суттєві або як не існуючі.

Таким чином мета роботи є обґрунтування технічних термінів для представлення реальних процесів під час енергокінематичних режимів. Обґрунтування та пояснення нового технічного терміну - енергокінематичні режими.

IV. ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Основний етапи роботи будь-якого електроприводу - це пуск, робота, процес гальмування та зупинка, як закінчення виконання технологічної операції. Ці етапи можуть складатися з кількох складових, які визначають той чи інший фізичний процес, позначений відповідним технічним терміном під час проходження електроприводом цих етапів. (рис.1)

Розглянемо детально ці процеси та їх технічні терміни.

За тлумачним словником Ушакова, запуск - приведення чогось до руху, в дію [11]. Пуск [2] це момент приведення до руху. Пуск електропривода по ГОСТу [12] визначається як процес приведення машини зі стану спокою та зняття напруги у стан обертання.

Наведені джерела акцентують увагу, що цей процес включає увімкнення напруги, рушання, прискорення і, якщо потрібно, синхронізацію з живленням.

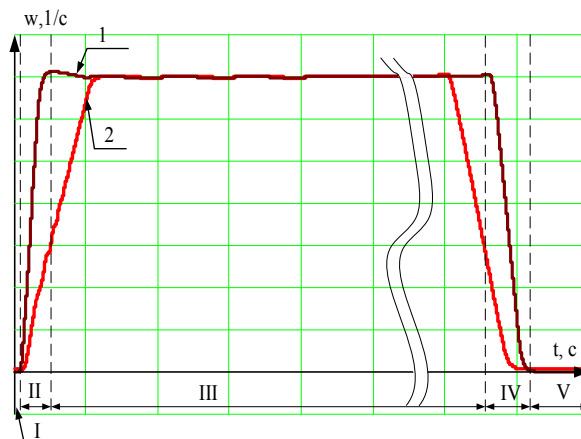


Рисунок 1. Типова циклограма електроприводу технологічного механізму при пуску під навантаженням при некерованій роботі(1), при керованій роботі(2): I – рушання; II – запуск; III – робота; IV – гальмування; V – зупинка.

Як видно процес пуску складається з наступних складових: рушання, прискорення і точки виходу на ustalений режим роботи.

Процес пуску в сучасних дослідженнях розглядається за різних умов навантаження. Якщо це пуск електропривода без навантаження або на холостий хід механізмів без складного кінематичного ланцюга, то процес пуску представлений етапами: пуск, розгін і точкою виходу на робочий режим (рис 2).

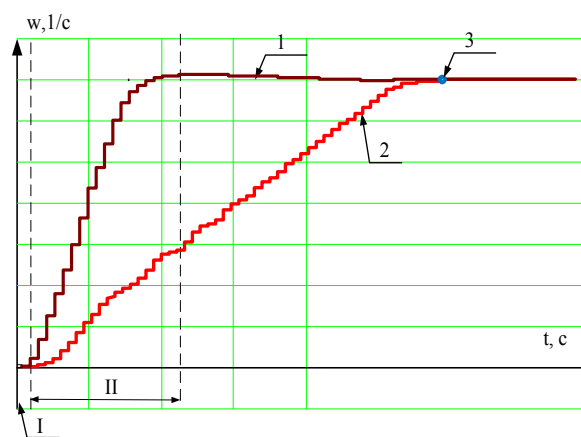


Рисунок 2. Графік етапу пуску (I), розгону (II) та точка виходу на робочий режим

Якщо пуск електропривода виконується у важких умовах (під навантаженням) або зі складним кінематичним ланцюгом етапи пуску починається з процесу рушання, а потім безпосередньо пуск, розгін і робота (рис. 3).

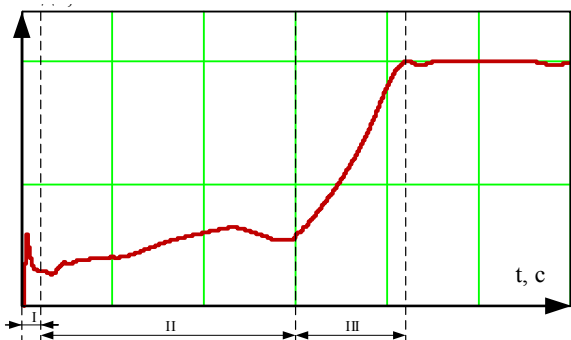


Рисунок 3. Графік етапу рушання, пуску та розгону: I – перехід електромеханічної системи зі стану спокою до стану руху; II – рушання (руйнування сил взаємодіяння); III – розгін

Рушання може характеризуватись рухом магнітного поля в електричній машині або зміною внутрішньої пружності кінематичного тіла. Таким чином описується процес переходу фізичного тіла зі стану спокою до стану руху (рис. 3, I). Рушання по [13] – рухатися з місця, здійснювати рух. Рушання електродвигуна – стан машини в момент виходу зі стану спокою до стану обертання [12]. У [14] поняття рушання визначається як момент початку руху фізичного об'єкта, опір руху у якого значно більше, ніж при встановленому русі.

У [11] поняття рушання як такого не розглядається там представлено дієслово рушати – зрушуватися з місця, прямувати кудись.

Спираючись на закони фізики можна стверджувати, що рушання є процес який відбувається під впливом зовнішньої сили, прикладеної до маси або до точки з'єднання кінематичної пари у початковій нульовій позначки і перевищує сили опору, що призводить до руху маси або руху в кінематичній парі.

Так само можна стверджувати, що рушання є результатом дії імпульсу сили, тобто під дією великої сили протягом короткого періоду (фактично це виходить "удар") енергія імпульсу руйнує існуючі сили взаємодіяння контактуючих поверхонь у кінематичних парах або перетворюється на кінетичну енергію, яка в свою чергу призводить масу до початку руху у напрямку прикладеного імпульсу.

Таким чином можна припустити, що рушання це процес переходу тіла зі стану спокою в стан руху під впливом зовнішніх сил, що перевищують внутрішні та зовнішні сили взаємодії складових об'єкта.

Грунтуючись на цих положеннях видно, що рушання відбувається в короткий період часу і є процесом зміни енергії в кінематичних з'єднаннях технологічних механізмів таким чином до цього явища можна застосувати термін – енергокінематичний режим.

При динамічних режимах після рушання, як правило, слідує етап розгону. За визначенням [11] розгін представляється, як рух з швидкістю, що поступово збільшується. За наведеним у [13] понятті розгін цей рух із поступово зростаючою швидкістю. Збільшення

швидкості може відбуватися за лінійним законом (рис. 4,2) або за експонентним (рис. 4,1), однак обидва процеси будуть відноситися до розгону. Варто зазначити, що при спеціальних режимах електропривода розгін може відбуватися за змінним законом, який визначається від моменту опору і представлений як функція від моменту опору $a = F(Mc)$ (рис. 4,3).

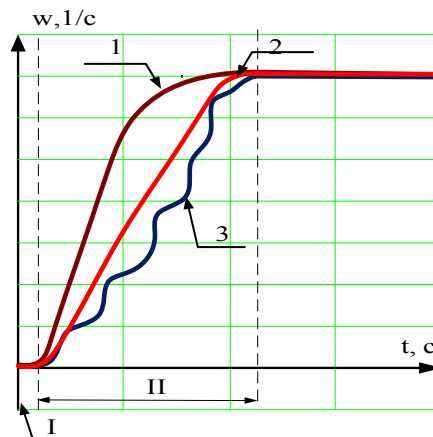


Рисунок 4. Графік процесу розгону: 1 – експоненціальна залежність; 2 – лінійна залежність; 3 – залежність від $a = F(Mc)$.

Процес розгону в електроприводі – це необхідність створення рушійного моменту електродвигуном, який буде приводити в рух кінематичний ланцюг робочого обладнання, робочий орган і робоче середовище або об'єкт. Момент електропривода повинен бути достатнім, щоб подолати зусилля внутрішнього опору системи електропривода і забезпечити кінематичною енергією сам робочий об'єкт, який приводиться до руху і повинен рухатися із заданою робочою швидкістю.

Безпосередній перехід при русі робочого об'єкта від нульової швидкості до встановленої, за певний час, що формується з урахуванням масогабаритів робочого об'єкта та моментів сформованими електродвигуном у технічній літературі визначається як розгін [15]–[17].

Якщо розглядати фізичні процеси, що відбуваються в реальних технологічних механізмах, то процес рушання і розгону може супроводжуватися різким припиненням руху, саме робочого об'єкта, тобто електропривод створює момент руху, робочий орган надає кінематичну енергію в робочий об'єкт, але сам об'єкт не рухається. Таке явище по [1], [18] визначається як стопоріння.

У довідниках стопоріння визначається як технологічний процес, що забезпечує нерухоме з'єднання частин машини, часто за допомогою спеціальної деталі-стопора.

Однак стопоріння може бути причиною не тільки спеціального механічного пристрою, але реакцією на фізичні процеси, які можуть виникати: при аварійних режимах роботи електропривода, поломка кінематич-

них з'єднань у процесі перевантаження та втоми металу, при простою обладнанні із залишками робочої сировини або зміни фізико-хімічних властивостей самого технологічне обладнання (загусання мастила, ржавіння з'єднань, адгезія дотичних поверхонь, потрапляння сторонніх речовин тощо). Знову ж таки під час стопоріння в кінематичних з'єднаннях технологічного механізму відбуватиметься перетворення кінетичної енергії, за короткий період часу, в потенційну внаслідок удару, так і в теплову, знову ж таки, в наслідок удару, таким чином формується енергокінематичний режим.

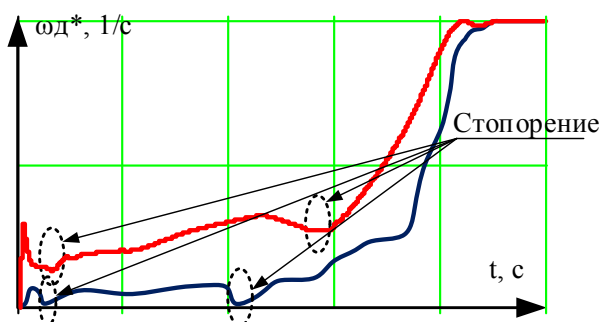


Рисунок 5. Моменти стопоріння на графіку пуску електропривода

Тому можна припустити, що визначення [1], [18] не відповідає дійсності і вимагає доповнення. Таким чином щоб повністю уявити процес стопоріння, визначення необхідно доповнити наступним виразом: або є наслідком стрибкоподібного збільшення моменту опору працюючого об'єкта, який значно перевищує рушійну силу електропривода.

Стопоріння технологічного механізму у процесі розгону чи роботи супроводжується динамічними навантаженнями.

Динамічне навантаження, це навантаження яке характеризується швидкою зміною у часі його значення, напрямом швидкості, тобто наявності прискорень до точки докладання що викликає в елементах конструкції значні сили інерції [1].

До динамічних навантажень відносять ударні навантаження. Під ударом розуміється взаємодія двох рухомих мас (провідної та веденої), пов'язане з різкою зміною швидкості однієї з маси за дуже малий проміжок часу.

Час удару вимірюється в тисячних, котрий іноді мільйонних частках секунди, а сила удару сягає великої величини, за рахунок зменшення швидкості робочої маси майже до нуля, протягом малого проміжку часу. Цей процес формує момент напруги та деформацію у системі технологічного механізму, яка досягає найбільших значень [19].

З технічної літератури [19]–[21] відомо, що під час удару дотримується закон збереження енергії, тобто. кінетична енергія, якою володіє маса, що руха-

ється, в момент удару переходить в потенційну енергію пружно деформованого тіла:

$$T = U\delta + T1, \quad (1)$$

де T – кінетична енергія маси що ударяє (системи), яку вона має в момент удару; $U\delta$ – потенційна енергія пружно деформованої ударної маси (системи); $T1$ – кінетична енергія руху ударної маси (системи) [19].

Одним з різновидів ударного моменту є удар, що скручує, який має місце при різкому зниженні кутової швидкості валу з маховиком, при раптовій його зупинці [20], [21]. Такі удари можуть виникати при руйнуванні технологічного механізму, і при розгоні.

Процес розгону робочого механізму закінчується точкою переходу до стаціонарного режиму. Встановлений режим – стан системи під час встановленого (стаціонарного) режиму описують її поведінку, як не зміною за часом (рис. 6,1) чи зміною за періодичністю від часу (з постійним періодом, амплітудою і фазою) (рис. 6,2) [20]–[22].

У [18] режим роботи трактується як режим роботи, при якому нормальні характеристики об'єкта не виходять за межі допустимих відхилень протягом дозвольного періоду часу.

Очевидно, що в досить складній системі електропривода режиму, що повністю встановився, не існує, так як зі збільшенням числа елементів, об'єднаних в систему, ймовірність того, що хоча б один з них змінить свій робочий стан або свій режим роботи досить велика [23]. Внаслідок цього можна вважати, що в єдиній системі постійно відбувається один або кілька перехідних процесів і енергосистема постійно перебуває в перехідному режимі. З іншого боку, для дослідження більшості процесів у великій енергосистемі можна розглядати режими, що квазі встановлений, тобто такі режими, коли параметри змінюються незначно за періодичним законом і цими змінами можна знехтувати.

Такі режими роботи відображені в [18], а саме режим роботи системи, що встановився, має місце при постійному навантаженні або при випадкових навантаженнях, амплітудне значення струму яких в імпульсі не більше 7 % номінального амплітудного значення струму каналу (джерела), під час зміни частоти обертання генераторів не більше ніж на 1% в 1 сек. або коливання цієї частоти не більше ніж на 0,2% номінального значення з періодом більше 0,33 сек.

У режим роботи можуть бути включені перехідні процеси з меншими відхиленнями характеристик, ніж відхилення, встановлені для нормальної роботи [18].

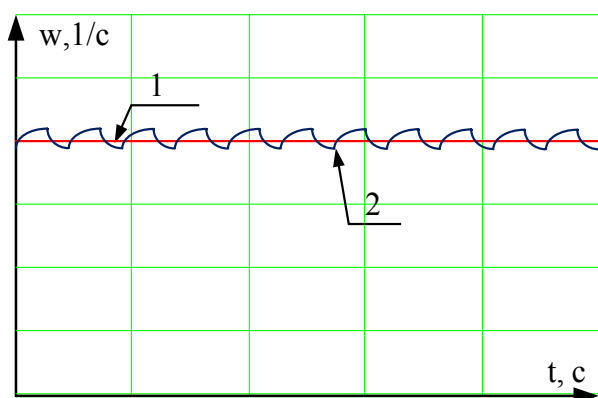


Рисунок 6. Графік швидкості при режимі роботи: 1 – робочий режим; 2 – квазівстановлений режим

Закінчення технологічної операції супроводжується процесом *гальмування*. *Гальмування в механіці* – уповільнення, зупинка руху об'єкта за допомогою гальма [13]. За джерелом [1] гальмування – уповільнення руху чогось чи зупинка чогось (зазвичай з допомогою гальма).

При розгляді режимів гальмування електроприводу їх можна розділити на види. *Перший вид* гальмування найпростіший у виконанні, це відключення електропривода від джерела живлення і гальмування виконується під впливом зовнішніх сил. *Другий вид* гальмування – коли виконується за допомогою зміни електромагнітних параметрів самого електропривода, тобто механізм переходить у стан спокою під впливом внутрішніх сил електричної машини. *Третій вид* гальмування – це гальмування за допомогою механічних пристроїв, встановлених на технологічному обладнанні [15]–[17], [21]–[23]

Гальмування в системі електропривода виконується за рахунок зміни напрямку рушійного моменту або за відсутності рушійного моменту за рахунок реактивного моменту, що формує технологічний механізм [21]–[23].

Отже, можна припустити, що визначення терміну гальмування електропривода як таке невизначене. Тому авторами запропоновано вести до визначення гальмування, наступні пояснення. Якщо розглядати фізичний процес, то *гальмування електропривода є перехід системи електропривода зі стану режиму, що встановився, в стан повного не руху або спокою під впливом або зовнішніх механічних сил, або внутрішніх сил опорів, або зміни параметрів електричного і електромагнітного поля електричної машини.*

Режим гальмування закінчується повною зупинкою технологічного об'єкта.

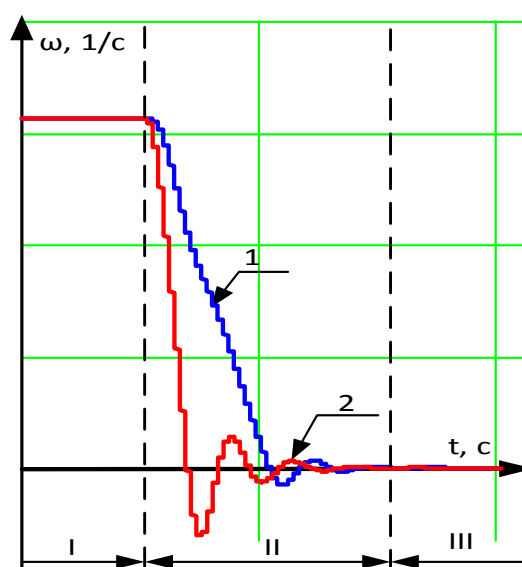


Рисунок 7. Графік гальмування електропривода: 1 – під навантаженням; 2 – без навантаження, де I – робочий режим, II – режим гальмування, III – зупинка

Останов – вид механічного гальмівного пристрою, призначений виключно для утримання вантажу при його прагненні до руху [7]. В інших джерелах [4], [6] термін *Зупинка* - припинення руху будь-якого або будь-що або перерва у будь-якій дії, роботі. У джерелі [11] наведено більш повне визначення – зупинка без припинення живлення привода, при якому не виконується подальший рух об'єкта.

Якщо розглядати процес зупинки електромеханічної системи технологічного механізму, то найвірніше говорити про режим переходу зі стану руху в нерухомому стані технологічного об'єкта з запасом енергетичних сил, що залишилися, і розсіювання їх протягом часу, тобто зміні електромагнітних і енергокінематичних властивостей електромеханічної системи технологічного механізму.

Для наочного уявлення всі варіанти визначення розглянутих термінів зведено табл. 1.

У представленому матеріалі була виконана спроба систематизувати фізичні явища, які описують процеси при роботі електропривода технологічних механізмів і встановити відповідне визначення для термінів, що позначають їх і відображають реальні процеси що відбуваються під час не типових динамічних режимів системи електропривода.

Пропонується застосувати визначення до технічних термінів, наведених у табл. 1, які розглядалися вище.

Таблиця 1. Визначення для термінів за наданими джерелами

Терміни	Тлумачний словник Ушакова	Тлумачний словник Ожегова	ГОСТ ІЕС 60050-411-2015	Вікісловник	Словник-довідник термінів нормативно-технічної документації.	Визначення для термінів
Пуск	Дія дієслова. пустити	Момент приведення в рух	Процес приведення машини зі стану спокою та зняття напруги у стан обертання.	Те саме, що запуск; приведення чогось у рух	Перехід машини або однієї з її частин стану спокою в стан руху.	
Рушання	Дія дієслова.	–	Стан машини в момент виходу зі стану спокою у стан обертання.	–	–	Процес переходу фізичного об'єкта зі стану спокою до стану руху під впливом зовнішніх сил, що перевищують внутрішні та зовнішні сили взаємодії складових об'єкта
Розгін (прискорення)	Дія дієслова. розігнати-ся, розганяти-ся	Теж що й розігнати. когось. Довести рух на великій швидкості.	Процес збільшення частоти обертання машини після рушання	Дія за значенням гол. розганяти, розганяти-ся; рух з швидкістю, що поступово збільшується	Явище або величина, що змінюється між двома станами, що встановилися, за інтервал часу	Перехід руху робочого об'єкта від нульової швидкості до встановленої, за певний час, що формується з урахуванням масогабаритів робочого об'єкта та моментів сформованими електродвигуном
Стопоріння	–	–	–	затримувати рух чогось	Різде припинення руху за рахунок жорсткої кінематичної фіксації з'єднань, що рухаються	Технологічний процес, що забезпечує нерухоме з'єднання частин машини, часто за допомогою спеціальної деталі-стопора або є наслідком стрибкоподібного збільшення моменту опору об'єкта, що працює, що значно перевищує рушійну силу електропривода.
Встановлений режим	–	–	–	–	Режим роботи, за якого нормальні характеристики електроенергії не виходять за межі допустимих відхилень протягом довільного періоду часу.	Стан системи можна вважати таким, що встановився (стаціонарним), якщо параметри, що описують її поведінку, не змінюються у часі або змінюються за періодичним законом від часу (з постійним періодом, амплітудою та фазою) у допустимому діапазоні, який не викликає зміни режиму роботи
Гальмування	Дія дієслова. гальмувати. Автоматичне гальмування.	–	–	–	Процес створення та зміни штучного опору руху	Перехід системи електропривода або фізичного об'єкта зі стану режиму, що встановився, в стан повного не руху або спокою під впливом або зовнішніх механічних сил, або внутрішніх сил опорів, або зміни параметрів електричного та електромагнітного поля електричної машини.

Зупинка	Дія дієслова. зупиняти, когось. Припинити рух когось, чогось, утримати на місці.	–	–	Примушувати когось чи щось припинити рух; припинення руху	Зупинка без припинення живлення приводу, при якому не виробляються подальші рухи.	Перехід зі стану руху до нерухомого стану технологічного об'єкта з запасом енергетичних сил, що залишилися, і розсіюванні їх протягом часу, тобто зміні електромагнітних і енергокінематичних властивостей електромеханічної системи технологічного механізму
---------	--	---	---	---	---	---

V. ВИСНОВКИ

У роботі виконана спроба визначення і обґрунтування ведення нових технічних термінів які визначають реальні процеси в електроприводі під час нестандартних режимів рушання та пуску під навантаженням технологічних механізмів. Аналіз фізичних процесів в кінематичних ланцюгах електропривода які протікають під час переходу технологічного механізму із стану спокою в стан руху під навантаженням, за наведеними в основному тексті посиланнями, показав що дані явища значно впливають на формування енергетичних показників електропривода. Тому обґрунтовано можна стверджувати що ці явища взаємопов'язані і повинні мати відповідний оригінальний термін. Тому було запропоновано вести новий технічний термін - енергокінематичні режими.

Авторами зазначено що запропонований термін складається з наступних складових - технічний термін рушання та стопоріння, так як ці явища є наочним прикладом впливу зусиль що формуються в кінематичних з'єднань на формування енергетичних показників електропривода технологічних обладнання.

Тому пропонується застосування наведених технічних термінів для чіткого представлення енергокінематичних режимів що відбуваються під час рушання та пуску під навантаженням різних видів технологічних механізмів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Contributors to Wikimedia projects. Википедія – свободная энциклопедия. Википедія – свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата звернення: 15.04.2022).
- [2] Толковый словарь Ожего ва URL:<https://slovarozhegova.ru/about.php> (дата звернення: 17.04.2022).
- [3] Великий тлумачний словник сучасної української мови / Уклад. і головн. ред. В. Т. Бусел. К: Ірпінв: ВТФ «Перун», 2001. 1440 с.
- [4] Хребтова О. А., Зачепа Н. В. Аналіз систем електропривода для виконання рушання та пуску під навантаженням. Електротехніка та електроенергетика. Запоріжжя: ЗНТУ, 2020. Вип. 3/2020. С. 45-52.
- [5] Хребтова О.А., Ченчевой В.В., Огарь В.А. Определение момента асинхронного двигателя при трогании. Електромеханічні і енергозберігаючі системи: щоквартальний науково-виробничий журнал. Кременчук: КрНУ, 2013. Вип. 4/2013 (24). 106 с.
- [6] Огарь В. О. Родькин Д. Й. Характеристики асинхронных двигунів з урахуванням нелінійних властивостей магнітної системи : монографія. – Кременчук : ПП Щербатих О. В. 2013. – 320 с.
- [7] Хребтова О. А., Зачепа Н. В. Теплові режими автоматизованої системи електропривода під час рушання під навантаженням. Електротехніка та електроенергетика. Запоріжжя: ЗНТУ, 2020. Вип. 4/2020. С. 82-91.
- [8] Родькин Д. И., Ченчевой В. В., Огарь В. А. Природа аномальных потерь в стали в режиме глубокого насыщения. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2014. № 1. – 76-93 с.
- [9] Khrebtova O., Zachepa I., Rodkin I., Zachepa N., Khrebtova A. and Kuznetsov V.: Analysis of Vibroreological Indicators in the Formation of the Moment of Control of the Electric Drive in Special Modes. 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) (2021).
- [10] Zachepa I., Zachepa N., Khrebtova O., Serhiienko I., Shokarov D. and Mykhalchenko G.: Guar-anteed and Reliable Excitation of Asynchronous Generator Coupled to Shaft of Vehicle. 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES) (2021).
- [11] Толковый словарь Ушакова. Gufo.me. URL: <https://gufo.me/dict/ushakov> (дата звернення: 18.04.2022).
- [12] ГОСТ ИЕС 60050-411-2015 Международный электротехнический словарь. Часть 411. Машины вращающиеся. Разделы 411-52 – Работа.
- [13] Викисловарь. Викисловарь. URL: <https://ru.wiktionary.org> (дата звернення: 15.04.2022).
- [14] Технический железнодорожный словарь. под редакцией инж. Н. Н. Васильева, проф. О. Н. Исаакяна, Н. О. Рогинского, Я. Б. Смолянского, В. А. Соковича Т. С. Хачатурова. М.: Государственное транспортное железнодорожное издательство. 1941.
- [15] Андреев В.П., Сабинин Ю.А. Основы электропривода. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1963. 772 с.
- [16] Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами. Л.: Энергоиздат, 1982.
- [17] Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Тео-

- рия автоматизированного электропривода. Москва: Энергия, 1979. – 616 с.
- [18] Словарь-справочник терминов нормативно-технической документации. Источник: <http://find-info.ru/doc/dictionary/normative-technical-documentation/articles/10744/pusk.htm> (дата звернення: 19.04.2022).
- [19] Динамические нагрузки. Удар https://inmt.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_15053/zaочно/sopromat/Tema_6_i_zadacha_13_Dinamicheskie_nagruzki_Udar.pdf (дата звернення: 18.04.2022).
- [20] Гельфер Я. М., Законы сохранения. Москва: «Наука». 1967. 264 с.
- [21] Франкфурт У.И., Закон сохранения и превращения энергии. Москва: «Наука». 1978. 191 с
- [22] Филиппов Б.А., Ильинский Н.Ф. Основы электропривода. Москва: МЭИ, 1977.
- [23] Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. Москва: Энергоатомиздат, 1992.

Стаття надійшла до редакції 05.05.2022

ТРОГАНИЕ И СТОПОРЕНИЕ КАК ЭНЕРГОКИНЕМАТИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

- РОДЬКИН Д.Й. д-р техн. наук, профессор кафедры системы автоматического управления и электропривода Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина;
- ХРЕБТОВА О.А. канд. техн. наук, доцент кафедры системы автоматического управления и электропривода Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина. e-mail: 34092@ukr.net;
- ЗАЧЕПА Н.В. канд. техн. наук, доцент кафедры системы автоматического управления и электропривода Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина. e-mail: zachepa.nataliia@ukr.net
- ЗАЧЕПА Ю.В. канд. техн. наук, доцент кафедры системы автоматического управления и электропривода Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского, Кременчуг, Украина. e-mail: zip1981@ukr.net

Цель работы. Провести анализ действующих технических терминов, отвечающих физическим процессам в системе электропривода за время нетипичных динамических режимов. Выполнить обзор возможных режимов в кинематических звеньях электропривода при динамических режимах, которые могут влиять на характер протекания переходных процессов. Сформировать определение технических терминов, характеризующих реальные энергокинематические режимы при трогании и пуске электропривода промышленных механизмов, которые ранее не рассматривались как существенные или как существующие.

Методы исследования. Для решения поставленных задач проведен анализ определенных технических терминов, технической литературой, ГОСТами, ДСТУ и т.д. Для формулирования новой терминологии для физических процессов нетипичных режимов выполнен анализ физико-энергетических процессов, протекающих в электрических и кинематических звеньях электропривода при динамических режимах.

Получены результаты. Определены возможные случаи возникновения нетипичных режимов работы кинематических кругов и энергетических каналов преобразования энергии при пуске электроприводов технологических механизмов под нагрузкой, для которых отсутствует техническая терминология. По результатам анализа энергокинематических режимов предложена техническая терминология, которая в полной мере описывает и характеризует рассмотренные нетипичные процессы, которые имеют место при выполнении трогания и пуска технологических механизмов.

Научная новизна. Впервые предложена техническая терминология, характеризующая энергокинематические режимы электроприводов технологических механизмов при запуске.

Практическая ценность. Впервые предлагается применение технических терминов для четкого и наглядного представления энергокинематических режимов, происходящих при трогании и пуске под нагрузкой различных видов технологических механизмов.

Ключевые слова: технические термины; энергокинематические режимы; трогания; стопорение.

STARTING AND STOPPING AS ENERGOKINEMATIC REGIMES OF ELECTRIC DRIVES OF INDUSTRIAL MECHANISMS

- RODKIN D.I. Doctor of Engineering, professor of the departments of automatic control system and electric drive of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University, Kremenchuk,

- Ukraine;
- KHREBTOVA O.A.** Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the departments of automatic control system and electric drive of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine. e-mail: 34092@ukr.net;
- ZACHEPA N.V.** Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the departments of automatic control system and electric drive of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine. e-mail: zachepa.nataliia@ukr.net
- ZACHEPA IU.V.** Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the departments of automatic control system and electric drive of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine. e-mail: zip1981@ukr.net

Purpose. To analyze the current technical terms that correspond to the physical processes in the electric drive system during atypical dynamic modes. Review possible modes in the kinematic parts of the electric drive during dynamic modes that may affect the nature of the transients. To form a definition of technical terms that characterize the real energy-kinematic regimes when moving and starting the electric drive of industrial mechanisms, which were not previously considered as insignificant or as non-existent.

Methodology. In order to solve the set tasks, the analysis of the technical terms defined by the technical literature, GOST, DSTU, etc. was carried out. To formulate new terminology for physical processes of atypical modes, the analysis of physical and energy processes occurring in the electrical and kinematic parts of the electric drive under such dynamic modes is performed..

Findings. Possible cases of atypical modes of operation of kinematic circuits and energy channels of energy conversion during the start-up of electric drives of technological mechanisms under load, for the characteristics of which there is no technical terminology, are identified. Based on the results of the analysis of energy-kinematic regimes, technical terminology is proposed, which fully covers and characterizes the considered atypical processes that take place during the moving and start-up of technological mechanisms.

Originality. For the first time, technical terminology has been proposed that characterizes the energy-kinematic modes of electric drives of technological mechanisms during start-up.

Practical value. For the first time, the use of technical terms is proposed for a clear and visual representation of energy kinematic modes that occur during the moving and start-up under load of different types of technological mechanisms.

Keywords: technical terms; energy kinematic modes; movement; locking.

REFERENCES

- [1] Contributors to Wikimedia projects. Wikipedia is a free encyclopedia. Wikipedia is a free encyclopedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (access date: 15.04.2022).
- [2] Ozhegov's Explanatory Dictionary URL: <https://slovarozhegova.ru/about.php> (access date: 17.04.2022).
- [3] Large explanatory dictionary of the modern Ukrainian language / Uklad. and main. ed. W. T. Busel. K: Irpin: VTF "Perun", 2001. 1440 p.
- [4] Khrebtova O.A., Zachepa N.V., (2020). Analysis of electric drive systems for starting and starting under load. *Electrical engineering and electric power*. Zaporozhye: ZNTU, Issue. 3/2020, 45-52.
- [5] Khrebtova O.A., Chencheva V.V., Ogar V.A. (2013). Determining the torque of an induction motor when starting. *Electromechanical and energy saving systems: quarterly research and production journal*. Kremenchuk: KrNU, Vip. 4/2013 (24). 106.
- [6] Ogar V.O., Rodkin D.I. (2013). Characteristics of induction motors taking into account the nonlinear properties of the magnetic system: a monograph. 320.
- [7] Khrebtova O.A., Zachepa N.V. (2020). Thermal modes of automated electric drive system during loading under load. *Electrical engineering and electric power*. Zaporozhye: ZNTU, Issue. 4/2020. 82-91.
- [8] Khrebtova O., Zachepa I., Rodkin I., Zachepa N., Khrebtova A. and Kuznetsov V. (2021). Analysis of Vi-broreological Indicators in the Formation of the Moment of Control of the Electric Drive in Special Modes. 2021 *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*.
- [9] Zachepa I., Zachepa N., Khrebtova O., Serhienko I., Shokarov D. and Mykhalchenko G. (2021). Guaranteed and Reliable Excitation of Asynchronous Generator Coupled to Shaft of Vehicle. 2021 *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*.
- [10] Rodkin D.I., Chencheva V.V., Ogar V.A. (2014). The nature of anomalous losses in steel in the deep saturation regime. *Electromechanical and energy saving systems*. No 1, 76-93.
- [11] Ushakov's Explanatory Dictionary. Gufo.me. URL: <https://gufo.me/dict/ushakov> (access date: 18.04.2022).
- [12] GOST IEC 60050-411-2015 International Electro-

- technical Dictionary. Part 411. Rotating machines. Sections 411-52 - Work.
- [13] Wiktionary. Wiktionary. URL: <https://ru.wiktionary.org> (access date: 15.04.2022).
- [14] Technical Railway Dictionary. edited by Eng. NN Vasilieva, prof. ON Isa-akyan, NO Roginsky, Ya. B. Smolyansky, VA Sokovich TS Khachaturov. M.: State Transport Railway Publishing House. 1941
- [15] Andreev V.P., Sabinin Yu.A. (1963). Basics of electric drive. Moscow. Gosenergoizdat, 772.
- [16] Basharin A.V., Novikov V.A., Sokolovsky G.G. (1982). Control of electric drives. Leningrad, Energoizdat.
- [17] Chilikin M.G., Klyuchev V.I., Sandler A.S. (1979). Theory of automated electric drive. Moscow: Energy, 616.
- [18] Glossary of terms of regulatory and technical documentation. Source: <http://find-info.ru/doc/dictionary/normative-technical-documentation/articles/10744/pusk.htm> (access date: 19.04.2022).
- [19] Dynamic loads. Удар https://inmt.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_15053/zaочно/sopromat/Tema_6_i_zadacha_13_Dinamicheskie_nagruzki_Udar.pdf (access date: 18.04.2022).
- [20] Gelfer J.M. (1967). Laws of conservation. Moscow: "Science". 264.
- [21] Frankfurt V.I., (1978). The law of conservation and conversion of energy. Moscow: "Science". 191.
- [22] Filippov B.A., Ilyinsky N.F. (1977). Basics of electric drive. Moscow: MEI.
- [23] Ilyinsky N.F., Kozachenko V.F. (1992). General course of electric drive: A textbook for universities. Moscow: Energoatomizdat.