

Корисна модель належить до транспорту, зокрема до багатодвигунного тягового електропривода, яким обладнано рухомий склад магістральних залізниць, промислового транспорту та міського електричного транспорту (магістральні та промислові локомотиви, тягові агрегати, моторвагонний рухомий склад, трамваї, метропоїзди тощо).

Відомий спосіб керування тяговим електроприводом, який забезпечує його роботу у режимах тяги, вибігу та гальмування, в тому числі, електродинамічного [дивись, наприклад, Бобирь Д.В., Грищенко М.А., Сердюк В.Н. Теорія локомотивної тяги: підручник / Під ред. к-та техн. наук, доц. В.Н. Сердюка; УДУНТ; НШ "Дніпров. ін-т інфраструктури і трансп. ". - Дніпро, 2022. - 385 с.]. Керування тяговим електроприводом локомотивів та моторвагонного рухомого складу здійснюється з метою виконання параметрів руху, закладених у графіку руху поїзду, а також забезпечення безпеки руху шляхом одночасного підключення усіх електродвигунів тягового електропривода до джерела живлення у тяговому режимі, одночасного відключення електродвигунів при русі у режимі вибігу та одночасного підключення усіх електродвигунів до гальмівних резисторів у режимі реостатного гальмування або контактної мережі у режимі рекуперативного гальмування.

Недоліком відомого способу керування тяговим багатодвигунним електроприводом є те, що не забезпечується керування з найвищим коефіцієнтом корисної дії (ККД) у режимах роботи з частковим навантаженням.

Найближчим аналогом до корисної моделі є спосіб адаптивного керування електроприводом транспортного засобу, який полягає у тому, що для реалізації руху із заданими параметрами включається частина двигунів багатодвигунного тягового електропривода, причому кількість двигунів, що включають, визначається масою транспортного засобу та опором руху, а перед зупинкою здійснюють рух транспортного засобу з відключеними двигунами за рахунок кінетичної енергії [Патент UA 18585 U СПОСІБ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ. МПК B60L 15/20. Заявники: Коц Олександр Павлович, Радченко Георгій Федорович, Федоренко Володимир Іванович, номер заявки U200605184, дата подання заявки 11.05.2006 р.]

Недоліком цього способу є те, що кількість працюючих електродвигунів визначається масою транспортного засобу та опором руху. Такий підхід не враховує багатьох факторів, які виникають при експлуатації. Зокрема, не враховує можливу зміну коефіцієнта зчеплення колеса з рейками, від чого безпосередньо залежить здатність рухомого складу здійснювати рух. Іншим недоліком є те, що враховується тільки ККД електродвигунів, хоча тяговий електропривод є системою з трьох складових – тягового перетворювача, тягового електродвигуна та тягового редуктора. При зміні режиму роботи змінюється ККД кожного з них. Також спосіб не визначає керування багатодвигунним електроприводом у режимах електродинамічного гальмування.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення енергетичної ефективності багатодвигунного тягового електропривода шляхом забезпечення його роботи з найвищим ККД.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі керування багатодвигунним тяговим електроприводом, до складу якого входять тягові перетворювачі, тягові електродвигуни та редуктори, при роботі з частковим навантаженням у режимах тяги та електродинамічного гальмування, який полягає у зміні кількості працюючих електродвигунів багатодвигунного тягового електропривода, згідно з корисною моделлю, при визначенні кількості працюючих електродвигунів, система керування багатодвигунним тяговим електроприводом враховує ККД тягового електропривода та фактор зчеплення коліс з рейками, для чого система керування розраховує ККД тягового електропривода для кількості електродвигунів від загальної кількості електродвигунів багатодвигунного тягового електропривода до найменшої їх кількості, яку система керування визначає з урахуванням фактора зчеплення коліс з рейками, вибирає кількість електродвигунів, яка відповідає найвищому ККД тягового електропривода при заданому факторі зчеплення коліс з рейками, та здійснює формування керуючих сигналів для навантаження вибраної кількості працюючих електродвигунів до рівня потужності, яку визначила система керування, а решту тягових електродвигунів багатодвигунного тягового електропривода відключають.

При русі поїзда необхідним є дотримання графіку руху, який може бути заданий залежністю швидкості поїзда від координати його знаходження на маршруті. Для дотримання заданої швидкості здійснюється регулювання дотичного зусилля рухомого складу, яке при заданій швидкості визначає потужність тягового електропривода. Рациональним способом керування є спосіб керування багатодвигунним тяговим електроприводом, що запропонований, у режимах часткового навантаження, який реалізується шляхом навантаження частини тягових електродвигунів багатодвигунного електропривода у кількості, необхідній для дотримання заданої швидкості руху.

У режимах тяги та електродинамічного гальмування при часткових навантаженнях система керування багатодвигунним тяговим електроприводом приймає сигнали від систем рухомого складу про фактичну та задану швидкості. На основі цих даних система керування багатодвигунним тяговим електроприводом визначає ККД тягового електропривода при різній кількості працюючих електродвигунів. З урахуванням фактора зчеплення коліс з рейками та обчисленого ККД система керування багатодвигунним тяговим електроприводом визначає оптимальну кількість працюючих

електродвигунів для поточного режиму роботи. На основі цього формуються керуючі сигнали до тягових перетворювачів, які виконують ввімкнення або вимкнення окремих електродвигунів, що дозволяє забезпечити збереження заданої швидкості поїзда при мінімальних втратах потужності у системі електропривода.

Таким чином, система керування багатодвигунним тяговим електроприводом адаптує кількість працюючих електродвигунів до поточного рівня навантаження на основі оцінки енергетичної ефективності, знижуючи споживання енергії та продовжуючи ресурс елементів тягового електропривода.

В процесі руху система керування багатодвигунним тяговим електроприводом постійно отримує інформацію про координату фактичного положення поїзда на маршруті та фактичну швидкість, яка надходить від функціонально зв'язаних з нею систем рухомого складу, та здійснює порівняння фактичної швидкості та заданої швидкості руху. На основі результату порівняння система керування багатодвигунним тяговим електроприводом розраховує кількість електродвигунів, яка необхідна для руху з заданою швидкістю при поточному положенні поїзда на маршруті, та формує завдання на величину потужності для тих електродвигунів, які працюють. Решта двигунів живлення не отримують. Для визначення оптимальної кількості електродвигунів, які необхідно включити у роботу, використовуються такі залежності.

Кількість працюючих тягових електродвигунів, яка необхідна для руху з умови найвищого ККД визначається за формулою:

$$N_1 = k \frac{P_k}{P_{1eff}}, (1)$$

де P_k - дотична потужність, яка необхідна для забезпечення руху в поточних умовах

P_{1eff} - потужність елементарної ланки тягового електропривода, яка відповідає найвищому ККД елементарної ланки при поточних параметрах руху. До елементарної ланки входять тяговий перетворювач, тяговий електродвигун та тяговий редуктор та враховується схема живлення тягових електродвигунів (індивідуальне чи групове);

k - кількість тягових електродвигунів, які отримують живлення від одного тягового перетворювача елементарної ланки.

Для забезпечення нормальної експлуатації електрообладнання тягового електропривода має виконуватися умова

$$P_{1eff} \leq kP_{1nom}, (2)$$

де P_{1nom} - номінальна потужність одного тягового електродвигуна.

Отримане за виразом (1) значення округлюється вгору до цілого значення.

Кількість працюючих тягових електродвигунів, яка необхідна для руху з умови зчеплення коліс з рейками визначається за виразом:

$$N_2 = \frac{F_k}{kF_{1nom}}, (3)$$

де F_k - дотична сила,

F_{1nom} - нормативне значення дотичної сили одного колісно-моторного блока.

Дотична сила F_k визначається з поточних умов руху або відповідає граничній тяговій характеристиці рухомого складу.

Дотична сила F_{1nom} визначається з поточних умов руху по граничній тяговій характеристиці, або відповідає силі, при якій у поточних експлуатаційних умовах не виникає боксування ведучих коліс пар (визначається за його відсутністю).

Отримане за виразом (2) значення округлюється вгору до цілого значення.

Кількість працюючих електродвигунів визначається за виразом:

$$N = \max(N_1, N_2). (4)$$

Застосування наведеного вище порядку розрахунку кількості працюючих електродвигунів може бути застосоване як для тягового режиму, так і для режиму електродинамічного гальмування. Для розрахунків за виразами (1)-(4) використовуються залежності для визначення найефективнішого режиму роботи тягового електропривода з урахуванням схеми живлення тягових електродвигунів, а також граничні тягова і гальмівна характеристики. Ці дані визначаються при побудові тягового електропривода та є його невід'ємною частиною. Для визначення фактичної швидкості і положення поїзда на маршруті використовується інформація із систем рухомого складу, які обладнані відповідними датчиками, а також від датчиків, які розміщені на об'єктах інфраструктури.

Дію способу керування можна описати наступним чином, наприклад, для тягового багатодвигунного електропривода з індивідуальним живленням і керуванням тягових електродвигунів. Інформація про фактичну і задану швидкості руху надходить до системи керування багатодвигунним тяговим електроприводом від функціонально зв'язаних систем рухомого складу. За результатами

порівняння інформації про задану та фактичну швидкості з урахуванням ККД тягового електропривода, яка розраховується системою керування багатодвигунним тяговим електроприводом для різної кількості працюючих електродвигунів, визначається кількість електродвигунів, які необхідні для руху із заданою швидкістю при умові забезпечення при найвищому ККД тягового електропривода. На підставі цього система керування багатодвигунним тяговим електроприводом формує керуючі сигнали для тягових перетворювачів, які частину тягових електродвигунів відключають, а частину - навантажують з рівнем потужності, яка визначена системою керування багатодвигунним тяговим електроприводом для забезпечення заданої швидкості руху при найвищому ККД тягового електропривода.

Запропонована корисна модель направлена на створення системи керування багатодвигунним тяговим електроприводом, яка забезпечує роботу багатодвигунного тягового електропривода з найвищою енергетичною ефективністю в режимах тяги та електродинамічного гальмування.