

вищих гармонік первинного струму електровоза, при цьому фазовий зсув між основними гармоніками напруги та струму наближається до нуля, а коефіцієнт потужності ЕРС зростає до  $0,95 \div 0,97$  в усьому діапазоні регулювання. Це зумовлює не тільки покращення показників якості електроенергії, а й зниження її питомих витрат на тягу поїздів на 1-1,3 %.

Математична модель системи електропостачання (СЕР) змінного струму має включати в себе такі об'єкти: 1) система зовнішнього електропостачання; 2) тягова підстанція; 3) тягова мережа; 4) електровоз. Основні етапи побудови моделі: 1) формування структурної схеми СЕР; 2) формування схем заміщення елементів СЕР; 3) складання систем рівнянь, що описують електромагнітні процеси в елементах системи; 4) реалізація

математичної моделі СЕР у середовищі віртуального моделювання.

Як математичний апарат при створенні моделей СЕР змінного струму використовуються диференціальні рівняння за законами Кірхгофа або матричні рівняння. При розрахунках несиметричних режимів і дослідженні електромагнітної сумісності СЕР високу точність і адекватність розрахунків можуть дати методи, засновані на системах рівнянь вузлових напруг.

Математична модель тягової мережі змінного струму дає змогу виконувати дослідження електромагнітних процесів у бортових компенсаторах реактивної потужності ЕРС змінного струму з метою вибору їх оптимальних параметрів і формування оптимальних алгоритмів керування такими пристроями.

УДК 621.431.75

*С.С. Тимофеев*  
*S.S. Timofeyev*

### ТЕХНОЛОГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ЗНОСОСТІЙКІСТЮ ПРЕЦИЗІЙНИХ ПАР ТЕРТЯ

### TECHNOLOGICAL OF DURABILITY CONTROL OF HIGH-PRECISION FRICTION PAIRS

Експлуатаційна надійність гідромоторів залежить від зносостійкості прецизійних пар тертя, які забезпечують безредукторну передачу великих крутних моментів. Вузлом, що лімітує довговічність гідромотора, є пара тертя поршень-втулка, через яку передається тиск робочої рідини до механізму головного привода. Втулка запресована в чавунний корпус, виготовляється із сталі 18ХГТ, робоча поверхня якої цементується на глибину 0,6-1,0 мм і гартується до HRC 56-62. Номинальний діаметр спряження 50 мм. У втулці здійснює зворотно-поступові переміщення поршень з ВЧ 60, розмір якого шляхом вибірки або сполученої обробки забезпечує

допуск зазору в з'єднанні в межах 0,02-0,03 мм. Конструкторські вимоги щодо шорсткості поверхні: для втулки  $Ra = 0,2$  мкм, для поршня  $Ra = 0,4$  мкм. Основною причиною втрати потужності, ККД та, в кінцевому підсумку, працездатності машин цього призначення є знос деталей турбосистеми втулка-поршень. За наявними даними вже після 3000 годин роботи гідромотора спостерігається зменшення крутного моменту до 20 %, а після 5000-6000 тис. годин потрібний ремонт із заміною поршнів відновленням вихідного зазору в спряженні. Середній зазор у сполученні змінювався таким чином: до експлуатації –

0,022 мм; 3000 годин роботи – 0,042 мм; 6000 годин роботи – 0,061 мм. Для зменшення темпу зносу розглянутого з'єднання в процесі технологічного впливу на робочі поверхні його елементів бажано отримати значення структурних та енергетичних характеристик як можна більш близьких до тих, що мають місце в період сталого режиму тертя. Розрахунок технологічних факторів проводився на

основі залежностей з урахуванням силових, швидкісних та температурних факторів, що виникають у зоні різання. На основі проведених досліджень можна рекомендувати такі методи та умови обробки: втулки – алмазне розточування різцем з композиту 10; поршня – тонке гостріння одночасно двома різцями, здійснюване за допомогою спеціального різцетримача.

УДК 621.9.047.7/785.5

*В.М. Остапчук, І.І. Федченко  
V.N. Ostapchuk, I.I. Fedchenko*

### ТЕХНОЛОГІЧНЕ УПРАВЛІННЯ ЗНОСОСТІЙКІСТЮ ДЕТАЛЕЙ МАШИН TECHNOLOGICAL OF DURABILITY CONTROL OF MACHINE PARTS

Надійність та довговічність машин, механізмів та приладів визначається в основному збереженням розмірів їх елементів, якістю поверхонь тертя, поверхневою міцністю тертьових спряжень. Руйнівні дії тертя та загальні економічні втрати економіки, що викликаються зношуванням машин, оцінюються сумою 8-10 млрд грн на рік. У даний час у вітчизняній і зарубіжній практиці відома велика кількість методів і способів їх реалізації підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин. Кожен з них дає, як правило, тільки один певний ефект, що призводить до поліпшення властивостей основного матеріалу.

Серед численних методів поверхневого зміцнення освоєними і дуже поширеними в практиці транспортного машинобудування є такі види обробки: хіміко-термічна; електроіскрова; плазмова бездифузійна; детонаційна; лазерна; іонно-плазмова; метод хімічного осадження з газової фази при термічному випаровуванні; гальванічна. Кожен з перелічених видів має свої переваги і недоліки, які необхідно враховувати залежно від розмірів конструкції деталі,

умов її роботи, матеріалів та інших чинників підвищення експлуатаційних властивостей, а саме зносостійкості, задиростійкості, припрацювання для деталей машин, що працюють в умовах тертя зносу.

Слід зазначити, що у всіх відомих методах хіміко-термічної обробки, зміцнені поверхневі шари є одношаровими і тому можуть виконувати одну певну задану функцію. Комплекс триботехнічних властивостей можуть мати лише багатошарові поверхневі шари, коли кожен з шарів має певний склад, структуру і властивості. Багатошарові поверхневі покриття утворюються при параметричному оксидуванні сплавів, однак, незважаючи на технологічні переваги цього способу і складність структури, шар має недоліки, які в основному полягають у нестабільних триботехнічних властивостях.

Підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин можна здійснити інтенсифікацією процесів формування захисних покриттів, що мають задані експлуатаційні властивості.