

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ «ЗНЯТТЯ-ВІДНОВЛЕННЯ» НАПРУГИ НА СТРУМОПРИЙМАЧІ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

П.Є.Михаліченко, канд.техн.наук,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна.

*Створено математичну модель електромагнітних процесів у системі електричної тяги постійного струму в режимі «відрив-піднімання» струмоприймача електрорухомої одиниці. Шляхом чисельного інтегрування системи диференціальних рівнянь електромагнітного стану отримано залежності перехідних електричних величин у силових колах тягових підстанцій та електровозу. Рис. 1.*

**Ключові слова:** струмоприймач, тяговий електродвигун.

Режим короткочасного зняття напруги на струмоприймачі ЕРС з наступним її відновленням спостерігається у випадках: відриву струмоприймача від контактного проводу під час руху поїзда внаслідок вібрації та коливання струмоприймача; при вимиканні фідера швидкодіючим вимикачем і його вторинному вмиканні пристроями АПВ; при проїзді повітряних проміжків у місцях секціонування контактної мережі; при наявності ожеледі тощо. Найчастіше при експлуатації зустрічається перший випадок, тобто «відрив-піднімання» струмоприймача під навантаженням; його загальна тривалість складає від декількох десятих секунди до 1,5...2,0 с. Як показують дослідження, контактні проводи у досліджуваному режимі є найбільш пошкоджуваними ланками контактної мережі (КМ). Число їхніх відмов за рік на 100 км у системі електротяги постійного струму України становить 16% (для порівняння, у Росії – 38%). Однією з головних причин цих відмов є перепад контактних проводів. При цьому до перепаду та віджигу проводів, внаслідок виникаючої електричної дуги, веде не якісне струмознімання, що обумовлює зокрема відрив (з наступним відновленням) струмоприймача від проводів.

Експериментальні дослідження режиму «зняття відновлення» напруги в умовах реальної експлуатації достатньо складні, більш доцільно здійснювати це методом математичного моделювання, що й виконано в даній роботі. При цьому необхідно враховувати наступне. Процес «відрив-піднімання» струмоприймача обумовлює такі стадії (етапи) режиму «зняття-відновлення» напруги на струмоприймачі (рис. 1): перша стадія – зняття напруги при наявності електричної дуги між струмоприймачем і контактним проводом (на початку відриву струмоприймача) (рис. 1, б); друга стадія – повне вимикання струмоприймача ЕРС від контактного проводу (тобто з моменту досягнення струмом ЕРС нуля) (рис. 1, в); третя стадія – відновлення напруги живлення (з моменту доторкання струмоприймача до контактного проводу) (рис. 1, г). Отже, у цьому режимі, виходячи із класичної теорії електричних кіл, потрібно досліджувати перехідні процеси при двократній комутації.

На першому етапі зняття напруги (рис. 1, б), тобто в процесі горіння дуги, сила струму і основний магнітний потік  $\Phi(t)$  електровоза зменшуються. Протягом етапу 1 фідерні напруги і струми теж зменшуються.

На другому етапі повного зняття напруги (рис. 1, в), і зникнення струму, електромагнітна енергія, що заощаджена в електромагнітному полі індуктивних елементів тягового електродвигуна (ТЕД), визначає зміну  $\Phi(t)$  і інших величин. При цьому основний вплив на характер зміни магнітного потоку  $\Phi(t)$  здійснює магнітний потік, створений вихровими струмами.

Характер перехідного струму у стадії відновлення напруги визначається функцією відновлення у часі основного магнітного потоку і параметрами ТЕД.

Тривале зняття напруги живлення є причиною значного загасання потоку  $\Phi(t)$ . Відповідно і проти-ЕРС якоря ТЕД теж буде малою, оскільки швидкість обертання якоря приймається постійною у даний момент часу. При миттєвому відновленні напруги на двигуні електровоза магнітний потік  $\Phi(t)$ , а, отже, і проти-ЕРС двигуна починають зростати і досягають усталеного значення не миттєво, а сповільнено внаслідок демпферуючої дії магнітного потоку вихрових струмів. В результаті в початковий момент відновлення напруги живлення створюється значна різниця між нею та проти-ЕРС двигуна. Ця різниця при малому активному опорі обмоток ТЕД обумовлює кидок струму якоря ТЕД, який істотно впливає на елементи системи тягового електропостачання, а також погіршує потенціальні умови на колекторах двигунів.

Аналіз результатів моделювання показує, що контактний провід МФ-100 при струмах до 150...200 А нагрівається дугою, що виникла, деформується, розтягується й розривається через 4...2,5 с із утворенням довгої шийки. При більших струмах на проводі утворюються кратери, термін часу зменшується; при розриві утворюється коротка шийка.

Як відомо, імовірність і ступінь термічних ушкоджень проводів оцінюється ампер-секундами, тобто кількістю електрики (заряду) дуги. Для МФ-100 уже при 400 Ас можливі розриви проводів, а відносно допустимим значенням Ас є 250 Ас і менше. Якщо часу дії струму недостатньо для того, щоб провід розірвався, на поверхні

проводу з'являються кратери; зі збільшенням кількості ампер-секунд глибина проплавлення збільшується, а міцність при розтягуванні знижується.

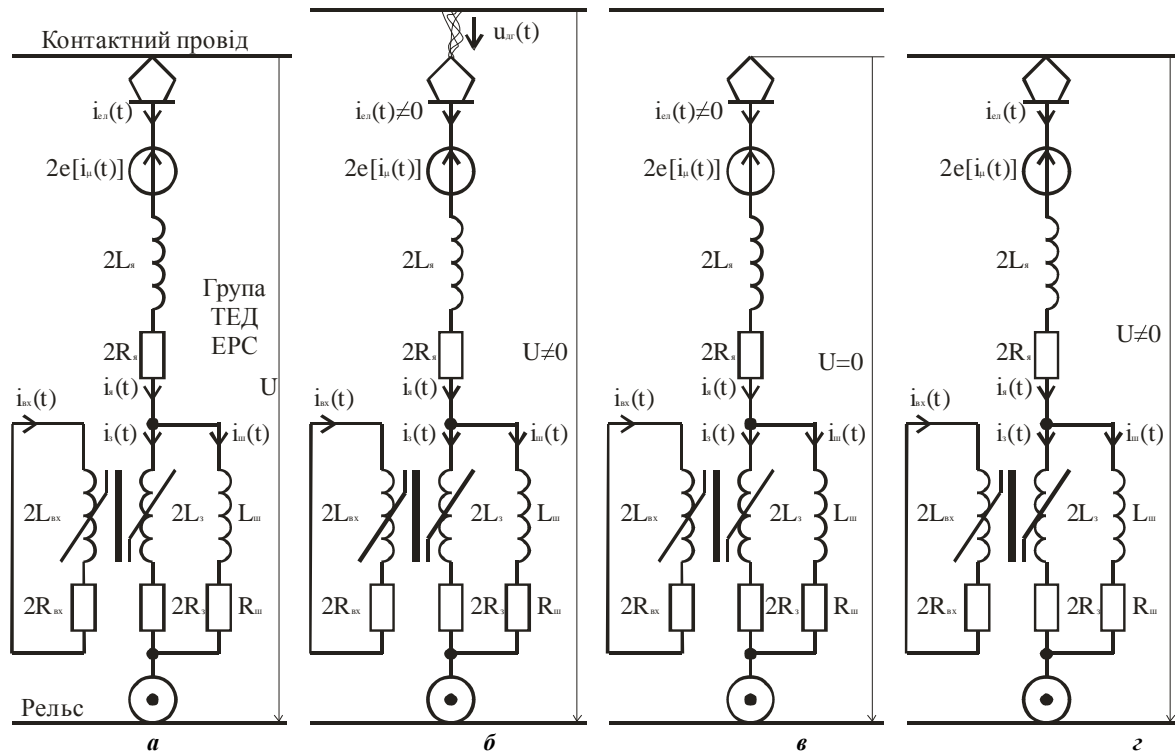


Рис. 1

Для проводу МФ-100 при 250 Ас і більше з'являються значні кратери й невеликі шийки; при 400 Ас можливі розриви проводу, які відбуваються через кілька секунд після зникнення дуги. Особливу увагу треба звернути на імовірність перепалу при опусканні струмоприймача під навантаженням: у середньому вона склала 0,39. Ця ймовірність залежить від робочого струму навантаження і становить: 0,13 – при струмах 300...350 А; 0,29 – при 750–950 А і 0,75 – при 1350...1550 А.

УДК 621.311.004

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ «СНЯТИЕ - ВОССТАНОВЛЕНИЕ» НАПРЯЖЕНИЯ НА ТОКОПРИЕМНИКЕ ЭЛЕКТРОВЗОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

П.Е. Михаличенко, канд.техн.наук,

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, 49010, Украина.

Создана математическая модель электромагнитных процессов в системе электрической тяги постоянного тока в режиме «отрыв-касание» токоприемника электроподвижной единицы. Путем интегрирования системы дифференциальных уравнений электромагнитного состояния, получены зависимости переходных электрических величин в силовых цепях тяговых подстанций и электровоза. Рис. 1.

**Ключевые слова:** токоприемник, тяговый электродвигатель.

MATHEMATICAL DESIGN OF «REMOVAL ARE RENEWALS» OF TENSION ON CURRENT COLLECTOR DIRECT CURRENT ELECTRIC LOCOMOTIVES

P. Myhalichenko,

Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, st. Lazaryan, 2, Dnepropetrovsk, 49010, Ukraine.

The mathematical model of electromagnetic processes in the system of electric traction of direct current in the mode of «break-off - touch» current collector electro-mobile unit is created. By integration of the system of differential equalizations of the electromagnetic state, dependences of transitional electric sizes in the power circuits of hauling substations and electric locomotive are got. Fig. 1.

**Keywords:** current collector, hauling electric motor.

Надійшла 10.01.2012  
Received 10.01.2012