

ПІДВИЩЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ РОЗРИВНИХ КОНТАКТІВ КОМУТУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

¹Запорізький національний технічний університет

Розкрито питання підвищення роботоздатності сильноточних розривних електричних контактів шляхом удосконалення конструкції комутувального пристрою. Особлива увага приділялася перехідному опору та електротермічним процесам при розмиканні контактів. На базі алгоритму числового розв'язання граничної оберненої задачі теплопровідності описано засіб визначення температури контактної поверхні. Запропоновано метод модернізації механізму комутаційного пристрою, який дозволяє знизити енерговиділення на поверхнях дугогасних контактів.

Ключові слова: конструювання електричних апаратів, розривний контакт, електрична дуга, температура контактної поверхні, перехідний опір.

Вступ

Стан та роботоздатність комутаційних апаратів в першу чергу визначається роботою їх розривних контактів (РК). В науковій та технічній літературі є велика кількість теоретичних і експериментальних робіт, які проводились в провідних електротехнічних компаніях світу з цієї тематики [1]. У першу чергу, дослідження спрямовувалися на запобігання відмов у роботі РК. Такі відмови в процесі комутації, часто носять несистемний, важкопрогнозований характер, зумовлений комплексом руйнуючих факторів: корозією в результаті фізико-хімічних процесів або електродугових розрядів; ерозією контактних поверхонь при проходженні електричного струму великої густини; зношуванням від механічних процесів при замиканні; структурними змінами контактних матеріалів при електротермічному нагріванні та ін. Знизити вплив цих факторів на роботу РК можна через удосконалення конструкції комутаційних апаратів та підвищенням рівня контролю за їх станом. Питання, які розглядаються в цій статті, тісно пов'язані з удосконаленням приводу комутаційних апаратів, що може підвищити роботоздатність їх РК.

Метою роботи є підвищення роботоздатності сильноточних розривних електричних контактів шляхом удосконалення конструкції комутувального пристрою, а також контролю механічної взаємодії та температури контактних поверхонь.

Результати дослідження

Відмови в роботі контактних систем важко передбачити, оскільки вони найчастіше виникають у момент комутації та мають несистемний характер, що зумовлено нестійкими зв'язками хімічних (утворення діелектричних плівок), теплових (дугові та електротермічні процеси), електричних (зростання електричного опору й напруги) і механічних (зношування, деформація, руйнування) факторів. До відмови в роботі РК можуть призвести як кількісні, так і якісні зміни всередині і поза структурою контактної пари (корозія, ерозія, висока температура і механічна деформація, зростання перехідного опору контактних поверхонь, порушення кінематики руху контактів і зміна робочого середовища). Для дослідження впливу цих факторів вибрана базова модель сильноточного комутаційного пристрою — контактор перемикача відгалужень обмоток трансформатора КНОА 110/1000 з механізмом перемикачів важільного (тумблерного) типу, яка дозволяє диференційовано оцінити роботу РК як за наявності електродугових процесів, так і за електротермічного нагрівання замкнених контактів.

Дослідження дугогасних процесів

Аналіз електродугових процесів на контактах проводився аналітично з оцінкою комплексного параметра дугового процесу W — енергії електричної дуги при розмиканні контактів. Цей параметр характеризує величину і тривалість енерговиділення на контактних поверхнях під час їх розмикання і фізично являє собою енергію джерела живлення та електромагнітного поля, що накопи-

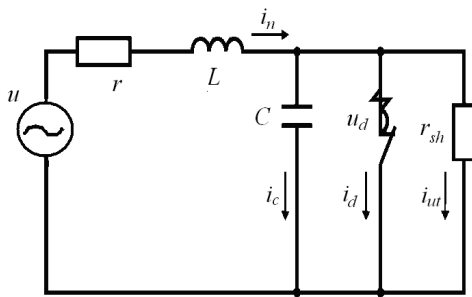
чена в мережі (за винятком втрат в елементах навантаження).

Користуючись електричними параметрами мережі, в яку входять РК, можна подати математичну модель енерговиділення

$$W = \int_0^{\tau} (Ui - i^2 r) dt + \frac{Li_{ot}^2}{2}, \tag{1}$$

де $\frac{Li_{ot}^2}{2}$ — електромагнітна енергія в навантаженні до моменту розмикання; i_{ot} — струм кола в момент розмикання; i — зміна струму в колі при розмиканні; U — напруга джерела живлення; r — активний опір навантаження; L — індуктивність навантаження; t — поточний час; τ — час дії електричної дуги.

Аналіз параметрів, які включає модель, проводився з використанням схеми заміщення (рис. 1), де електрична дуга є складовим елементом і оцінюється за напругою і струмом (u_d, i_d) за допомогою системи рівнянь (2).



$$\left\{ \begin{array}{l} L \frac{di_n}{dt} + i_n r + u_d = u; \\ i_n = i_d + i_c + i_{ut}; \\ u_d = u_c; \\ i_c = C \frac{du_c}{dt}; \\ i_d = \frac{u_d}{r_d}; \\ u_d = i_{ut} \cdot r_{sh}; \end{array} \right. \tag{2}$$

Рис. 1. Типова схема електричного кола заміщення

де i_n — струм, що протікає в навантаженні; u_d — напруга на електричній дузі; C — ємність мережі, приведена до контактів; u_c — напруга на конденсаторі; i_{ut} — струм витоку; r_{sh} — шунтувальний опір; i_c — струм у конденсаторі; r_d — опір дуги.

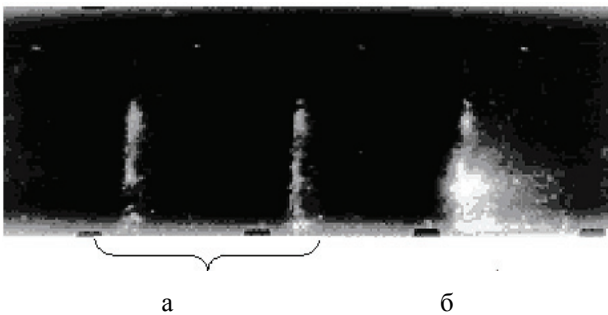


Рис. 2. Процес переходу мостикової ерозії (а) до стану дугового розряду між контактами (б) (за результатами швидкісної зйомки 2000 кадр/с)

Результатом аналізу моделі, яка проводилась із залученням окремих положень тепло-техніки та газодинаміки, стала залежність W від швидкості поширення електричної дуги в робочому середовищі. Це знаходить побічне підтвердження під час спостереження стадій утворення та поширення дугового розряду при розмиканні РК. На кадрах швидкісної кінозйомки (рис. 2), показано вплив динаміки розмикання контактів на швидкість переміщення дуги по контактних поверхнях [2]. Встановлено, що швидкий перехід від утворення до стану рухливості електричної дуги знижує енерговиділення на контактних поверхнях.

Візуальний аналіз кадрів швидкісної кінозйомки дугового розряду (рис. 3) зі швидкістю 1500...2000 кадр/с дозволяє спостерігати реакцію дуги на зміну зовнішніх факторів, зокрема на зростання швидкості розмикання контактів. Відмічалось, що зростання швидкості розмикання контактів від 0,35 до 2,7 м/с, супроводжується зростанням динаміки фізико-механічних процесів і турбулентністю горіння дугових розрядів. Збільшуються розміри дуги і зменшується яскравість її ядра. Деякою мірою температуру електричної дуги можна оцінити за цими ознаками, використовуючи наведену А. М. Макаровим формулу

$$T = 100 \sqrt[4]{\frac{K_1 P}{d \pi l_d C_1}}, \quad (3)$$

де C_1 — постійна; d, l_d — усереднені діаметр і довжина дуги, відповідно; P — потужність, що виділяється в дузі; K_1 — розрахунковий коефіцієнт.

Отже, знизити температурний вплив електричної дуги на контактні поверхні можна шляхом максимально швидкого переведення дуги в стадію високої рухливості, для цього збільшити швидкість розмикання РК. Щоб уникнути перенапруження в мережі (ефект зрізу струму), рекомендується збільшувати тільки початкову фазу розмикання контактів, зберігаючи середню швидкість розмикання в межах допустимих значень.

Кінематична схема контактора, являє собою двокоромисловий чотириланковий механізм з пружинним механізмом замикання. Доведено, що сили тертя в шарнірних вузлах такого механізму мають істотний вплив на кінематику руху РК [3]. Особливо це проявляється на початку розмикання дугогасильних контактів, коли їх рух повинен проходити з максимальною швидкістю. Зменшення впливу сил тертя в шарнірах механізму контактора здатне позитивно вплинути на кінематику руху контактів і суттєво зменшити енерговиділення на поверхні дугогасильних контактів. Це завдання вирішено завдяки модернізації шарнірних з'єднань механізму контактора заміною найнавантажениших шарнірних вузлів гумово-металевими шарнірами (ГМШ) (рис. 4) [4]. Така конструкція дозволяє переміщувати елементи шарнірного механізму без тертя між собою. Реакція зміщення шарів полімеру на прикладене зусилля відбувається значно швидше, ніж реакція елементів циліндричного шарніра за наявності сил тертя між ними. Для визначення корисного ефекту від такого впровадження проведено експеримент на макеті контактора, у якому порівнювався характер руху дугогасильних контактів до і після модернізації. Переміщення контакту фіксувалося за допомогою реостатного датчика. Схема підключення датчика показана на рис. 5.

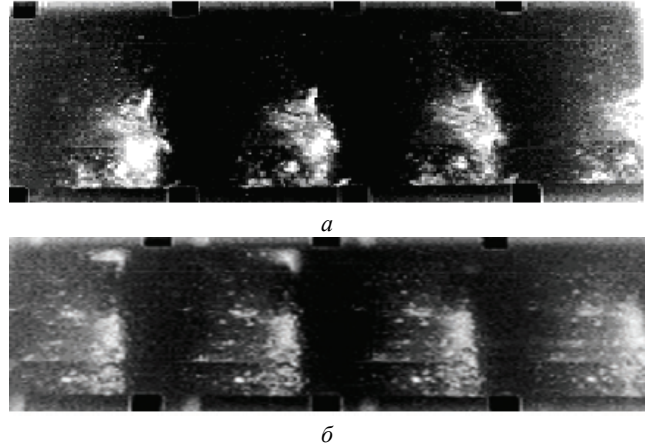


Рис. 3. Кінограма розмикання дугогасильних контактів
а — зі швидкістю 0,45 м/с; б — 1,85 м/с

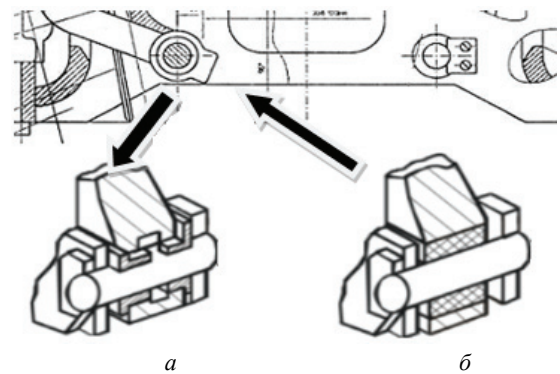


Рис. 4. Схема заміни: а — циліндричні шарніри;
б — гумово-металеві шарніри

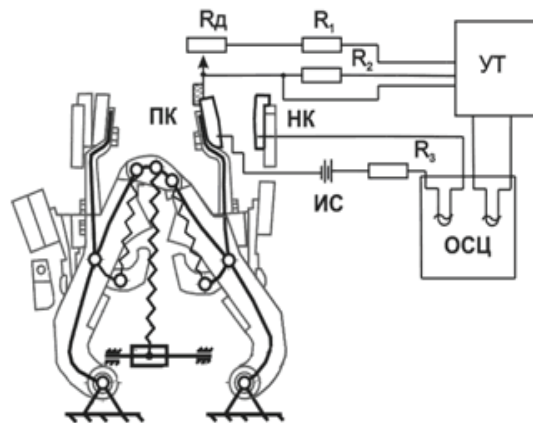
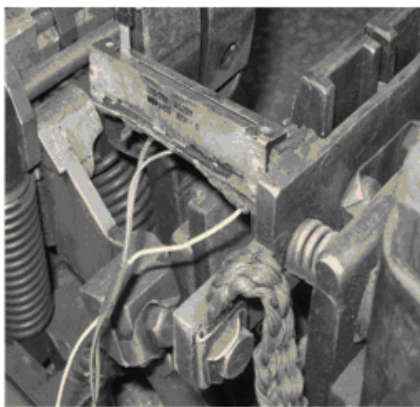


Рис. 5: а — фотографія вузла кріплення датчика на контактах; б — схема експериментальної установки

За осцилограмами, отриманими під час перемикавання контактора, побудовані графіки руху контакту, а шляхом їх графічного диференціювання — графіки швидкостей (рис. 6а, б). Аналізуючи отримані результати, можна стверджувати, що модернізація механізму контактора дозволила втричі прискорити початкову стадію розмикання дугогасильних контактів.

Питання підвищення роботоздатності контактів тісно пов'язані з методами діагностики їх стану. Оскільки найнаочнішим проявом порушення в роботі контакт-деталей є динаміка теплових процесів на контактних поверхнях, то становитиме великий інтерес їх температурний контроль. Провести прямий контроль температури контактних поверхонь технічно складно через труднощі з доступом до зони контролю і швидкоплинністю процесу комутації. З цієї причини у дослідженні часто вдаються до аналітичних методів, побудованих на основі загальної теорії теплопровідності.

Дослідження температури контактної поверхні

Аналітичні методи оцінювання температури контактів здебільшого орієнтовані на визначенні середньої температури в сталому режимі. Такі розрахунки базуються на врахуванні втрат електричної енергії в контактній системі і мають широке застосування в інженерній і науковій практиці. Температура контактної поверхні зазвичай визначається як [1]

$$Q_K = \frac{1}{\alpha_0} \left(\alpha_0 Q_H + e \frac{\rho_0 \cdot \alpha_0 \cdot j_K^2 \cdot t_K}{c \cdot \gamma} - 1 \right), \quad (4)$$

де α_0 — температурний коефіцієнт електричного опору; ρ_0 — питомий опір матеріалу провідника за температури 0 °С; Q_H — початкова температура контакту; j_K — густина струму; t_K — тривалість протікання струму (не більше 5 с); c — теплоємність контакту; γ — питома вага контактного матеріалу.

Проте, існуюча методика оцінювання температури не дає інформацію про стан робочих поверхонь сильнострумних РК під час комутації. Значення температури, отриманої у такий спосіб, зазвичай становлять менше 300 °С. Однак з практики відомо, що реально температура контактів в моменти комутації зростає до значно більших показників.

Але через швидкоплинність процесу висока температура локалізується на контактній поверхні. Підтвердження цьому видно на знімку (рис. 7), на якому показано ділянки оплавлення робочої поверхні головного контакту, збільшеної у 30 разів (для міді температура плавлення становить 1083 °С). Очевидно, що розрахункові методи, які застосовуються для оцінювання температури контактних поверхонь сильнострумних РК, не відповідають реальним умовам їх роботи. З цієї причини пропонується використовувати методику, яка ґрунтується на аналізі моделі теплового процесу із застосуванням граничної оберненої задачі теплопровідності (ЗЗТ).

Така методика успішно реалізується в багатьох галузях науки (двигунобудуванні, металургії,

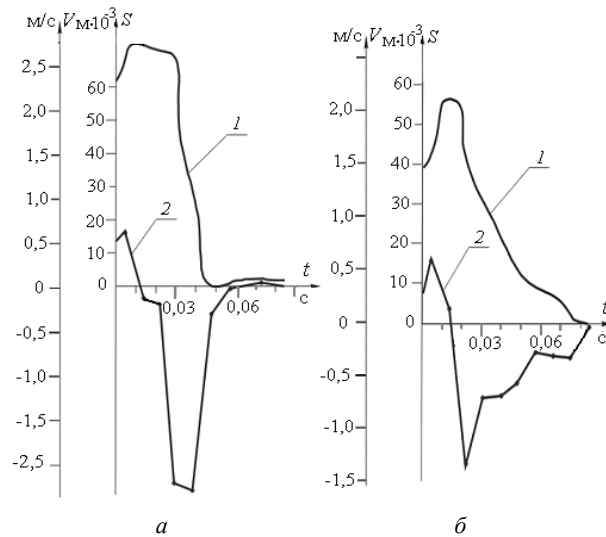


Рис. 6. Залежність руху контактів: а — до; б — після модернізації конструкції механізму контактора; 1 — графік переміщення контактів; 2 — графік швидкості контактів

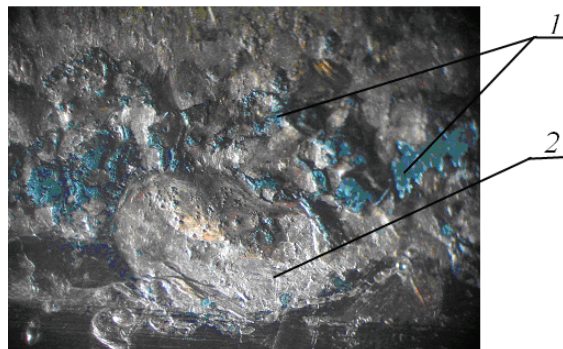


Рис. 7. Зона пошкодження контактної поверхні: 1 — оксидні плівки, 2 — ділянки оплавлення контактів

зварюванні тощо), але поки що не набула достатнього поширення в галузі електротехніки [5].

Досліджувана модель контакту представляється у вигляді теплоізованого тіла простої форми, нагрівання якого здійснюється одновимірним тепловим потоком (рис. 8). Загальна задача дослідження на початковому етапі полягає у визначенні температурного поля контакту шляхом перерахунку граничних умов першого роду, які визначаються експериментально, в граничні умови другого роду. Далі, за значеннями температур $T_1(t)$ та $T_2(t)$, які визначені експериментальними шляхом в процесі комутації на відстані x_1 та x_2 від контактної поверхні, відповідно, отримано модель нестационарного теплопереносу [6]

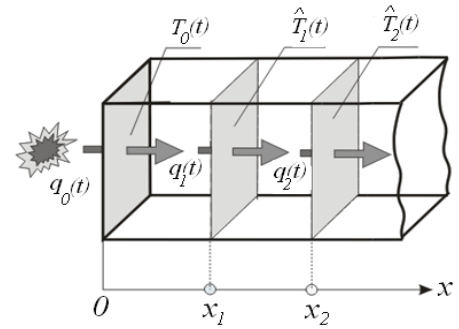


Рис. 8. Розрахункова схема для визначення температури контактної поверхні $T_0(t)$

$$\begin{aligned} c\gamma \frac{\partial T_1}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T_1}{\partial x} \right), & 0 < x < x_1, & \quad 0 < t < t_k; \\ c\gamma \frac{\partial T_2}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T_2}{\partial x} \right), & x_1 < x < x_2, & \quad 0 < t < t_k. \end{aligned} \quad (5)$$

З такими граничними умовами:

$$\begin{aligned} T|_{x=0} &= \hat{T}_0(t), & x &= 0, & \quad 0 < t < t_k; \\ T|_{x=x_1} &= \hat{T}_1(t), & x &= x_1, & \quad 0 < t < t_k; \\ T|_{x=x_2} &= \hat{T}_2(t), & x &= x_2, & \quad 0 < t < t_k; \\ T_1 &= T_2 = T_0, & t &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Застосування методу числового розв'язання диференціальних рівнянь з частинними похідними (5, 6), дозволило визначити тепловий потік на координаті x_1 та скласти систему різницьових рівнянь, які відтворюють сітчасту модель температурного поля контакту. «Некоректності», у математичному сенсі, що виникали при розв'язанні задачі, усувалися за допомогою методу квазіперетворення

$$\begin{cases} \frac{q_{i+1}^k - q_i^k}{h} = -c\gamma \frac{T_i^{k+1} - T_i^{k-1}}{2\tau} - \alpha \frac{1}{\lambda^2} q_i^k; \\ \frac{T_{i+1}^k - T_i^k}{h} = -\frac{1}{\lambda} q_i^k - \alpha c\gamma^2 \frac{T_i^{k+1} - 2T_i^k + T_i^{k-1}}{\tau^2}. \end{cases} \quad (7)$$

де $c\gamma$ — питома об'ємна теплоємність; λ — теплопровідність; T_i — визначальне температурне поле; t_k — тривалість спостережуваного процесу; h — крок сітки за простором; τ — крок сітки за часом; α — параметр регуляризації.

Остаточно розв'язання системи (7) шляхом ітерації дозволило розрахувати значення температури поверхні контакту за таким алгоритмом:

$$\begin{aligned} q_{i+1}^1 &= -\frac{hc\gamma}{\tau} (T_i^1 - T_i^0) - \left(\alpha \frac{h}{\lambda^2} - 1 \right) q_i^1, & 0 < i < N, & \quad k=1; \\ q_{i+1}^k &= -\frac{hc\gamma}{2\tau} (T_i^{k+1} - T_i^{k-1}) - \left(\alpha \frac{h}{\lambda^2} - 1 \right) q_i^k, & 0 < i < N-1, & \quad k=2, \dots, K-1; \\ q_{i+1}^K &= -\frac{hc\gamma}{\tau} (T_i^K - T_i^{K-1}) - \left(\alpha \frac{h}{\lambda^2} - 1 \right) q_i^K, & 0 < i < N-1, & \quad k=K; \\ T_{i+1}^k &= -\frac{h}{\lambda} q_i^k - \alpha \frac{c\gamma^2 h}{\tau^2} (T_i^{k+1} - 2T_i^k + T_i^{k-1}) + T_i^k, & 0 < i < N-1, & \quad k=1, \dots, K. \end{aligned} \quad (8)$$

Дослідження перехідного опору розривних контактів

Подвійна природа механізму перехідного опору на контактних поверхнях зумовила проведення досліджень механізму утворення поверхневих плівок та площі фізичного контакту при стисканні. Існує неоднозначне уявлення про вплив поверхневих плівок на перехідний опір сильнострумних РК. Проте очевидно, що у всіх випадках поверхневі плівки незалежно від їх природи товщиною понад $3 \cdot 10^{-9}$ м є причиною зростання електричного опору на контактах і роль робочого середовища при цьому є визначальною. В експлуатації маслонаповнених електричних апаратів електродугові процеси під час комутації викликають термічну деструкцію масла з утворенням шламу, що осаджується на контактних поверхнях. В результаті експериментальних досліджень по вивченню гранулометричного складу механічних частинок у баках масляних контакторів отримані результати, які дозволяють встановити оптимальну періодичність очищення масла в працюючих контакторах в межах 15 тис. комутацій. Це дозволяє уникнути різкого зростання перехідного опору РК [7].

Відомо, що зусилля стискання контактних поверхонь є основним чинником формування характеру контактної взаємодії, що підтверджується емпіричною залежністю перехідного опору від умов роботи контактів:

$$R_{\text{пр}} = \frac{k \left(1 + \frac{2}{3} \alpha T \right)}{(0,1 P_K)^m}, \quad (9)$$

де P_K — сила контактного стискання; k , m — коефіцієнти, що враховують властивості матеріалу контактів та характер контактної взаємодії.

Бажання знайти загальні закономірності залежності перехідного опору від зусилля стиснення привело до необхідності враховувати разом з силою стискання F_n , нормально спрямованої до контактних поверхонь дотичної сили F_t , яка у розрахунку зазвичай не враховується, що приводить до недооцінки її впливу на формування поверхні фактичного контакту, а отже, і перехідного опору (рис. 9). Доказом цьому є результати, отримані внаслідок комп'ютерного моделювання взаємодії контактних поверхонь за допомогою пакету розрахункових програм [8].

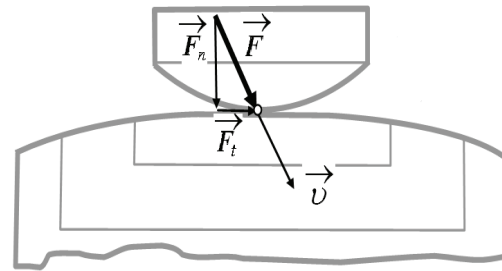


Рис. 9. Розрахункова модель взаємодії контактних поверхонь

З використанням положень теорії пружності деформація контактної поверхні визначалася рівнянням [1]

$$\nabla \left(\left(\frac{\mu \cdot E}{(1+\mu)(1-2\mu)} + \frac{E}{2(1+\mu)} \right) \operatorname{div} \left(\vec{u} \right) \right) + \nabla \left(\frac{E}{2(1+\mu)} \nabla \vec{u} \right) = 0, \quad (10)$$

де \vec{u} — двомірний вектор переміщення; E — модуль пружності; μ — коефіцієнт Пуассона.

Особливість розрахунків полягала в необхідності враховувати пружно-пластичний характер взаємодії.

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x} \left(\left(\frac{\mu \cdot E}{(1+\mu)(1-2\mu)} + \frac{E}{2(1+\mu)} \right) \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(G \frac{\partial u_x}{\partial x} \right) &= 0; \\ \frac{\partial}{\partial y} \left(\left(\frac{\mu \cdot E}{(1+\mu)(1-2\mu)} + \frac{E}{2(1+\mu)} \right) \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(G \frac{\partial u_y}{\partial y} \right) &= 0, \end{aligned} \quad (11)$$

враховуючи, що $\frac{\partial u_x}{\partial x} = \frac{\partial u_y}{\partial y} = 0$; $x = 5$ мм, де $\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y}$ — відносне подовження; u_x , u_y — компоненти вектора переміщення.

Основним завданням моделювання було визначення параметрів довжини A лінії контактної площі та перехідного опору R . Лінії контакту визначалися для двох варіантів навантаження (силою нормально спрямованою до площі контакту A_1 та сумою нормальної та дотичної сил, A_2). Степеневі залежності довжини площадки контакту, отримані в результаті розрахунку, мають вигляд

$$A_1 = 2,86 \cdot 10^{-4} \cdot P^{0,29}, \text{ м}; \quad A_2 = 2,10 \cdot 10^{-4} \cdot P^{0,66}, \text{ м}. \quad (12)$$

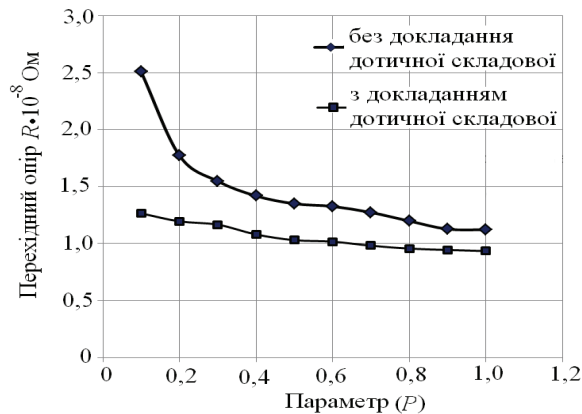


Рис. 10. Залежність перехідного опору контактів від способу силового навантаження

приводить до зростання кількості точок контакту, а не їх розміру. Дотичне зусилля здатне збільшувати їх розміри площин контактів. Зменшення перехідного опору при докладанні дотичного зусилля отримало експериментальне підтвердження.

На стенді для визначення перехідного опору РК встановлено, що перехідний опір за наявності дотичного зусилля зменшується від 41 до 46 % для мідних і 44 до 66 % для латунних контактів [9]. Для срібних контактів цей ефект проявився тільки в діапазоні невеликих зусиль стиснення 19,6...29,4 Н, що пояснюється розбіжністю в механічних властивостях контактних матеріалів. Результати проведеного експерименту показані на рис. 11.

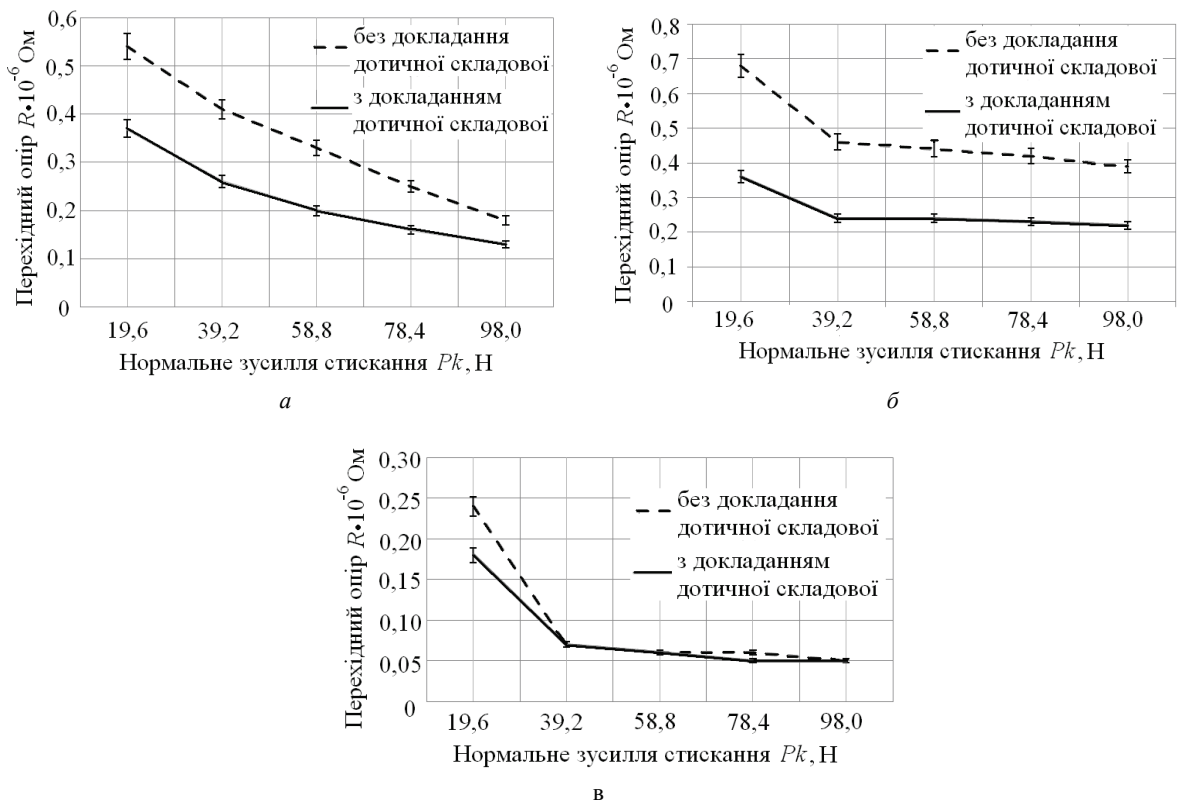


Рис. 11. Перехідний опір розривних контактів: а — з міді (М1); б — латуні (ЛС-59); в — срібла (КМК-А00) в залежності від характеру навантаження

Висновки

1. Пропонується для визначення температури контактної поверхні сильнострумних РК під час комутації використовувати методику, яка ґрунтується на аналізі моделі теплового процесу із застосуванням граничної оберненої задачі теплопровідності.
2. Запропоновано використовувати в конструкціях важільних механізмів перемикачів контактів на гумово-металеві шарніри замість підшипників ковзання.
3. Вказано на можливість зниження перехідного опору розривних контактів шляхом додання додаткового дотичного зусилля, що дає змогу удосконалити конструкцію комутаційних пристроїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Braunovic M. Electrical contacts: fundamentals, applications and technology / M. Braunovic, N. K. Myshkin, V. V. Konchits. — New York : CRC Press, 2007. — P. 646.
2. Волкова О. Г. Влияние скорости размыкания на электроизнос дугогасящих контактов в аппаратах высокого напряжения / О. Г. Волкова // Электротехника і електромеханіка. — 2008. — № 3. — С. 7—9.
3. Бородай И. А. Вопросы динамики контактов устройств РПН с токоограничивающими сопротивлениями / Бородай И. А. // Электротехническая промышленность. — 1970. — Вып. 4. — С. 14—17.
4. Пат. 59301 України, МПК H01F 29/04, H01H 5/00. Механізм контактора трифазного перемикача відгалужень обмоток трансформатора під навантаженням / О. Г. Волкова, Г. П. Волков. — № u201012562; заявл. 25.10.2010, опубл. 10.05.2011, Бюл. № 9. — 5 с.
5. Алифанов О. М. Обратные задачи теплообмена / О. М. Алифанов. — М. : Машиностроение, 1988. — 280 с.
6. Волкова О. Г. Измерение температуры поверхности разрывных контактов / О. Г. Волкова // Электрика. — 2013. — № 4. — С. 41—43.
7. Волкова О. Г. Исследование механизма образования поверхностных пленок на контактах маслonaполненных коммутационных устройств / О. Г. Волкова // Электротехніка та електроенергетика. — 2011. — № 2. — С. 22—25.
8. Волкова О. Г. Исследование влияния усилия сжатия на переходное сопротивление разрывных электрических контактов / О. Г. Волкова, В. С. Лупиков, Е. И. Байда // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». — 2012. — № 28. — С. 12—21.
9. Волкова О. Г. Влияние усилия замыкания разрывных контактов на переходное сопротивление / О. Г. Волкова // Электротехніка і електромеханіка. — 2011. — № 2. — С. 25—26.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 2.06.2015

Волкова Ольга Григорівна — канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної та загальної електротехніки, e-mail: volkova@zntu.edu.ua

Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя

O. H. Volkova¹

Increase of serviceability of interrupting contacts of commutate device

¹Zaporizhia National Technical University

The article deals with the increase of serviceability of interrupting contact by improving design of commutate device. Special emphasis has been paid to contact resistance and electric arc processes during opening. On the basis of the numerical solving algorithm of inverse boundary heat conduction problem, a method for determination of the surface temperature of the contact has been presented. A method of mechanism commutate device, which allows reducing energy-release on the arc contact surfaces has been offered in the paper.

Keywords: contraction of electrical apparatus, interrupting contact, electric arc, temperature of contact surface, contact resistance.

Volkova Olga H. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Theoretical and General Electrical Engineering, e-mail: volkova@zntu.edu.ua

Повышение работоспособности разрывных контактов коммутирующих устройств

¹Запорожский национальный технический университет

Раскрыты вопросы повышения работоспособности силовых разрывных электрических контактов путем усовершенствования конструкции коммутирующего устройства. Особое внимание уделялось переходному сопротивлению и электротермическим процессам при размыкании контактов. На базе алгоритма численного решения граничной обратной задачи теплопроводности представлен способ определения температуры контактной поверхности. Предложен метод модернизации механизма коммутирующего устройства, позволяющий снизить энерговыделение на поверхностях дугогасящих контактов.

Ключевые слова: конструирование электрических аппаратов, разрывной контакт, электрическая дуга, температура контактной поверхности, переходное сопротивление.

Волкова Ольга Григорьевна — канд. техн. наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, e-mail: volkova@zntu.edu.ua