

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВІДНОВЛЕНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТІВ КОНТАКТОРІВ ЕКГ-8Ж ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЗМІННОГО СТРУМУ

Тетерко О.А.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
Україна, 49010, Дніпропетровськ, вул. Ак. В.А. Лазаряна, 2, кафедра "Теоретичних основ електротехніки"
тел. (056) 373-15-37, факс (0562) 47-18-66, e-mail: dnuzt@diit.edu.ua

В роботі представлені результати експлуатаційних випробувань електричних контактів контакторів з дугогашенням ЕКГ-8Ж електровозів змінного струму відновлених напайками з різних матеріалів. Наведені результати вимірювань перехідного опору головних і розривних контактів після експлуатації.

В работе представлены результаты эксплуатационных испытаний электрических контактов контакторов с дугогашением ЭКГ-8Ж электровозов переменного тока восстановленных напайками из разных материалов. Приведены результаты измерений переходного сопротивления главных и разрывных контактов после эксплуатации.

ВСТУП

У більшості електровозів змінного струму, які використовуються на залізницях України, одним з ключових апаратів є електричний головний контролер ЕКГ-8Ж. Він призначений для переключення виводів вторинної обмотки трансформатора з метою регулювання напруги на тягових електродвигунах.

Контролер складається з 34-ох контакторів, чотири з яких з дугогашенням і тридцять без. Специфіка роботи апарату полягає в тому, що контактори без дугогашення перемикаються без струмового навантаження. Таким чином в найбільш важкому режимі працюють чотири контактора з дугогашенням, оскільки вони розмикають силове коло і замикають його.

Контактор з дугогашенням складається з двох пар контактів: головних і розривних. Головні контакти призначені для пропускання струму, а розривні – для розриву дуги. Напайки на головні контакти виконуються з композиції срібла і оксиду кадмію (матеріал СОК-15), а на розривні контакти з мідно-вольфрамового матеріалу з доданками нікелю (матеріал МВ-70). Кінематична схема контактора влаштована таким чином, що при розмиканні першими розмикаються головні контакти, а при замиканні навпаки: першими замикаються розривні контакти, а за ними головні.

Під час експлуатації контакти піддаються електричному та механічному зносу. Притому розривні контакти зношуються переважно під дією електричної дуги, а головні піддаються механічному зносу.

Знос під дією електричної дуги, або дугова ерозія, полягає в тому, що дуга викликає випаровування електродів [1]. Частина цього металу знову конденсується на електродах, частина викидається в зовнішнє середовище. Метал переноситься з одного електрода на інший, чим викликає появу раковин на робочій поверхні контакту і порушує її форму. На апаратах змінного струму, якими є контактори ЕКГ-8Ж, явище дугового переносу матеріалу менш явно виражене, ніж при розмиканні кіл постійного струму, але порушення робочої поверхні суттєво погіршує роботу контакту.

Механічне зношування зумовлене тим, що середній тиск в металічних контактах такого ж порядку,

що й твердість, і звичайно, принаймні в окремих ділянках тиск створює пластичні деформації. В контактах часто мають місце проковзування, що є умовою для фрикційного зносу. Це явище створює поверхні зачищеного металу, які в момент виникнення схильні до хімічних реакцій, таких, як окислення або каталітична дія. Змінна напруга на одній поверхні, наприклад, від великої кількості ударів може призвести до послаблення та розщеплення зерен, які не піддалися би одному чи декільком ударам.

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ

З метою дослідження процесу зношування напайок на контакти, в умовах Львівської залізниці було проведено натурні випробування. Два електровози серії ВЛ-80^Т локомотивного депо "Львів-Захід" було обладнано експериментальними напайками на контакти контакторів з дугогашенням ЕКГ-8Ж. Виробниками цих матеріалів є українські та російські фірми і підприємства.

В якості напайок на головні контакти було використано такі матеріали:

- матеріал КМК-А10-М, виробництва ДП "Аргентум", м. Львів;
- композиційний матеріал (псевдосплав) МДК, виробництва АТ "Геконт", м. Вінниця;
- матеріал КМК-А10-М, виробництва ТзОВ "Союз Інвест", м. Луганськ;
- композиційний матеріал (псевдосплав) ДИСКОМ С16104, виробництва ТзОВ ІНТЦ "ДИСКОМ", м. Чебоксари.

Для розривних контактів вибрали такі матеріали:

- матеріал КМК-Б25, що виготовлений двома способами, виробництва ПП "Власов", м. Запоріжжя;
- композиційний матеріал (псевдосплав) МДК, виробництва АТ "Геконт", м. Вінниця;
- матеріал КМК-Б25, виробництва "Електроконтакт", м. Кінешма, Росія (постачальник ТзОВ "СоюзІнвест", м. Луганськ);
- матеріал МВ-70, виробництва "Інтер-Контакт-Пріор", м. Київ;
- композиційний матеріал Дискон С16104, виробництва ТзОВ ІНТЦ "Дискон", м. Чебоксари, Росія.

Деякі властивості та структура цих контактних матеріалів розглянута в [2].

Одним з основних критеріїв за якими оцінюють придатність напайок для подальшої експлуатації є її товщина. Для того, щоб прослідкувати, як змінюється товщина напайки в залежності від пробігу електровоза, на кожному поточному ремонті замірялись товщини напайок. Реалізації зносу різних контактів одного з досліджуваних матеріалів наведено на рис. 1.

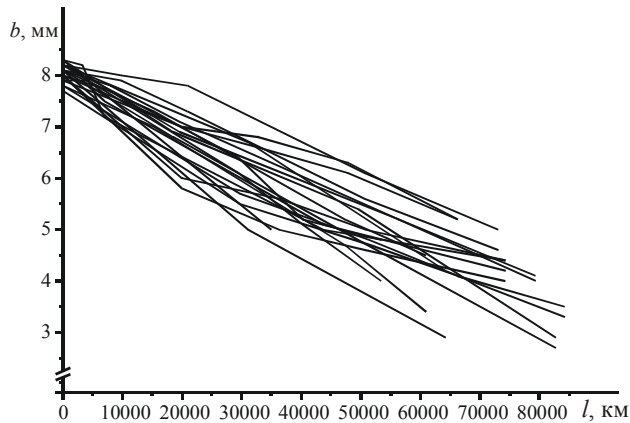


Рис. 1. Залежність товщин різних напайок з одного матеріалу від пробігу електровоза

Можна побачити, що поведінка реалізації піддається сильним варіаціям. Все це викликано різноманітним факторів, які впливають на процеси зносу. Серед них такі, як вплив зовнішнього середовища, тип матеріалу, перехідний опір контактного з'єднання, недоліки в роботі самого апарату і т.д. Ці фактори впливають на стан контактних поверхонь, які в свою чергу впливають на умови проходження струму через контакти. На порехні контакту завжди є нерівності, які виникають внаслідок обробки, зношування, пластичних деформацій. Крім того, поверхні контактів покриті плівками окислів та забруднювачів, які виникають як під дією кисню і озону, так і при випадковому попаданні різноманітних забруднювачів. Товщини таких плівок залежать від багатьох факторів, але звичайно знаходяться в межах 10^{-6} – 10^{-5} мм. Апарат цілому працює в умовах підвищених вібрацій, які негативно впливають на кінематичну схему, від якої залежить послідовність і правильність процесів замикання і розмикання.

Для того, щоб порівняти поведінку напайок з різного матеріалу було визначено залежності математичного очікування товщини напайки від пробігу електровоза (рис. 2). Нумерація матеріалів на рисунку така: 1 – МДК; 2 – "Диском"; 3 – ПП "Власов" з просочуванням; 4 – "Інтер-Контакт Пріор"; 5 – ПП "Власов" без просочування; 6 – "Союз Інвест".

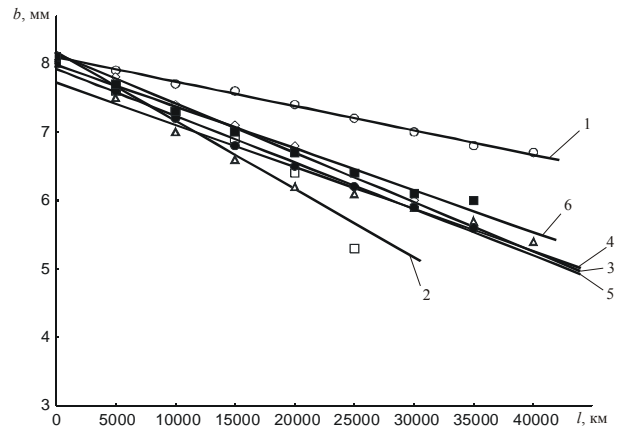


Рис. 2. Залежність математичного очікування товщини напайки від пробігу електровоза для різних матеріалів контактів

В процесі експлуатації контакторів з дослідними напайками були виявлені характерні ушкодження для деяких матеріалів. Спостерігаючи за процесами зношування напайок на розривних контактах було помічено, що найменшою зносостійкістю володіє композиційний матеріал виробництва ТзОВ ІНТЦ "Диском" (див. рис. 2). Знос напайок супроводжувався значним розбризкуванням металу, серйозними порушеннями профілю робочої поверхні та сильними оплавленнями під дією електричної дуги (див. рис. 3а). В середньому після 20-25 тис. км. пробігу електровоза напайки з цього матеріалу були не придатні до подальшої експлуатації. Отже, матеріал виробництва ТзОВ ІНТЦ "Диском" виявився не придатним для використання в якості напайок на розривні контакти.

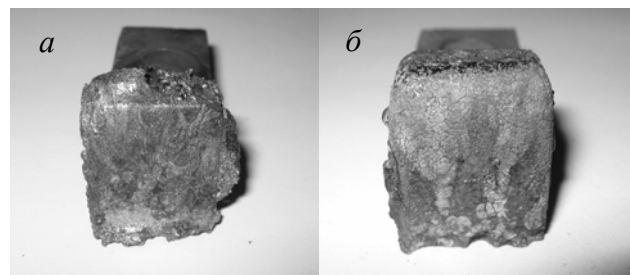


Рис. 3. Контакти після експлуатації

В свою чергу найбільш зносостійким виявився композиційний матеріал МДК, виробництва АТ "Геконт", м. Вінниця (див. рис. 2). Але після певного часу в експлуатації ($\approx 50\ 000$ км. пробігу) помічаються відшарування матеріалу на контактній поверхні (див. рис. 4). Одним з недоліків є також те, що напайки з композиційного матеріалу МДК випускаються товщиною 3 мм, а, як відомо, початкова товщина напайки має бути близько 8 мм.

При експлуатації матеріалу МВ-70, виробництва "Інтер-Контакт-Пріор", м. Київ було виявлено, що найрозповсюдженим пошкодженням було утворення раковин (див. рис. 3б). В деяких випадках їх глибина сягала 2-2,5 мм. Щоб відновити профіль робочої поверхні необхідно на поточних ремонтах чи технічних оглядах знімати шар металу, що суттєво зменшує термін експлуатації цих напайок.

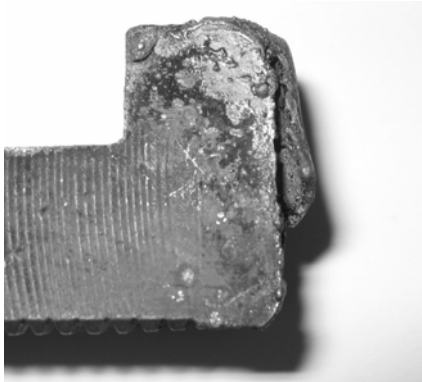


Рис. 4. Відшарування металу на напайці контакту

Матеріали виробництва інших підприємств не мали явно виражених характерних дефектів, які виникли під час експлуатації. Їх робота супроводжувалась виникненням тріщин, раковин, оплавлень, порушенням робочого профілю, яке викликалось переважно неправильним розташуванням рухомого контакту відносно нерухомого.

Незручністю при впровадженні матеріалу КМК-Б25, виробництва "Електроконтакт", м. Кінешма є те, що напайки виготовлені для експлуатації з іншої форми контактотримачами ніж ті, що використовуються на залізницях України. Тому потребують попередньої обробки перед пайкою.

Головні контакти контакторів з дугогашенням ЕКГ-8Ж знаходяться в експлуатації значно довше, ніж розривні. В процесі їх роботи були помічені невеликі оплавлення на поверхні контакту, причому оплавлення чітко окреслюють саме ті зони, де протікає струм (див. рис. 5).



Рис. 5. Напайки на головні контакти (нерухомий – зліва; рухомий – справа)

Суттєвих візуальних відмінностей в роботі головних контактів з напайками із різних матеріалів не було виявлено.

На одному з контакторів, обладнаних напайками з композиційного матеріалу МДК було виявлено відшарування. А також один контактор з напайками виробництва ТЗОВ ІНТЦ "Диском" під час роботи суттєво перегрівався і був замінений на поточному ремонті.

ВИМІРЮВАННЯ ПЕРЕХІДНОГО ОПОРУ КОНТАКТІВ

Основними причинами відмов в роботі контакту є: руйнування контактної поверхні; через виникнення на ній виступів та впадин; приварювання контактних електродів один до одного; обгорання непровідних плівок та окислів; велике значення перехідного опору.

Явище виникнення перехідного опору викликано тим, що поверхня матеріалу ніколи не буває досконало рівною, і якщо контакти ідеально тверді, то вони торкаються не більше, ніж в трьох місцях. Як правило, під дією тиску в матеріалі контактів завжди виникає пластична або пружна деформація. Тому початкові точки дотику перетворюються в невеликі контактні поверхні і з'являються нові контактні плями. Сума всіх цих поверхонь і складає дійсну контактну поверхню, що сприймає натисне зусилля і яка набагато менше візуальної контактної поверхні. Так контактна поверхня, що фактично сприймає зусилля, може бути в сотні або навіть тисячі разів менше.

Поверхня, що сприймає зусилля, складається з наступних ділянок:

- ділянки з металічним контактом, в якому струм протікає без помітного перехідного опору, як це має місце між різними кристалітами в компактному металі;
- ділянки з квазіметалічним контактом – ділянки, яка покрита тонкою плівкою, яка легко пропускає струм завдяки тунельному ефекту, який не залежить від провідності плівки;
- ділянки, покритої мономолекулярними плівками, які фактично грають роль ізоляторів.

Утворення контактних плям і викликає стягування струму в ці зони і виникнення при цьому перехідного опору, який суттєво впливає на роботу контакту.

Методом вольтметра-амперметра було виміряно перехідний опір для різних матеріалів напайок окремо для головних і окремо для розривних контактів після їх експлуатації в реальних умовах. Результати наведено на рис. 6, 7.

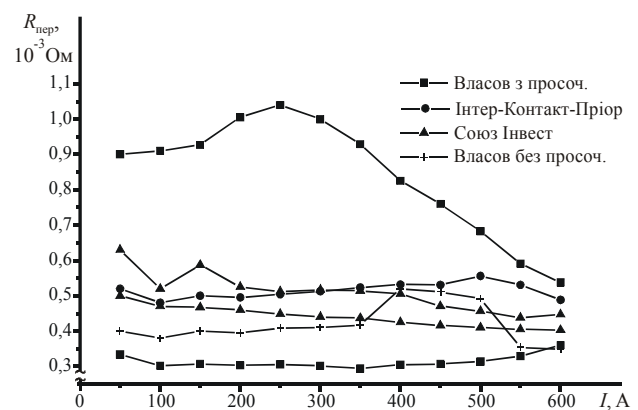


Рис. 6. Залежність перехідного опору розривних контактів від струму

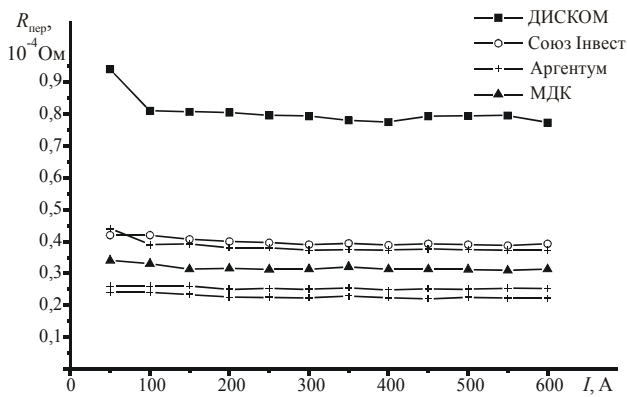


Рис. 7. Залежність перехідного опору головних контактів від струму

З наведених залежностей можна зробити висновок, що перехідний опір головних контактів контакторів з дугогашенням ЕКГ-8Ж поводить себе більш стабільно при збільшенні струму через контакти. В свою чергу перехідний опір розривних контактів, контактна поверхня яких піддається впливу електричної дуги, досить не стабільний при зростанні струму. Крім того величина перехідного опору головних контактів в середньому на порядок нижча, ніж у розривних. Це не є грубим порушенням в роботі контактора, оскільки основним призначенням розривних контактів є розрив електричної дуги, яка виникає при комутаціях силових кіл електровозів змінного струму.

ВИСНОВКИ

На основі викладених вище результатів досліджень можна зробити наступні висновки:

- композиційний матеріал на основі порошкової міді ДИСКОМ електротехнічного призначення, виробництва ТзОВ ІНТЦ "Диском" не придатний для використання в якості напайок на розривні контакти контакторів з дугогашенням ЕКГ-8Ж, через малу зносостійкість і руйнацію під дією електричної дуги;

- композиційний матеріал на основі молібдену і міді МДК, виробництва АТ "Геконт", м. Вінниця володіє високою зносостійкістю, поверхня контакту з цього матеріалу не піддається значним руйнаціям під впливом електричної дуги, але контактна поверхня схильна до утворення відшарування матеріалу. Також необхідно запровадити виробництво напайок з цього матеріалу більшої товщини. Матеріал потребує додаткового дослідження причин виникнення відшарувань;

- при експлуатації напайок на розривні контакти з інших вибраних матеріалів не було виявлено суттєвих відмінностей в термінах їх функціонування, отже при виборі серед цих матеріалів слід керуватись їх собівартістю;

- при експлуатації напайок на головні контакти з матеріалів МДК, виробництва АТ "Геконт", м. Вінниця і ДИСКОМ С16104, виробництва ТзОВ ІНТЦ "ДИСКОМ", м. Чебоксари не було виявлено помітних порушень в їх роботі. Перехідний опір контактів з матеріалу МДК суттєво не відрізняється від напайок із срібломісткого матеріалу. Отже, можна рекомендувати ці матеріали для заміни відносно дорогого мате-

ріалу СОК-15, який складається на 85% із срібла і на 15% з оксиду кадмія;

- перехідний опір головних контактів після експлуатації на порядок менший і більш стабільний при збільшенні струму через контакти, чим опір на розривних контактах.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Хольм Р. Электрические контакты. – М: Из-во иностранной литературы, 1961. – 464 с.
- [2] Баб'як М.О., Тетерко О.А., Мінакова Р.В. Дослідження структури та деяких властивостей контактних матеріалів контакторів електровозів змінного струму. // Електротехніка і електромеханіка. – 2005. – №1. – С. 93-96.
- [3] Усов В.В. Металловедение электрических контактов. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 208 с.
- [4] Тягові електричні апарати контактні: / Л.В. Дубинець, В.Т. Вислогузов, А.І. Кийко та ін. / Під заг. ред. О.І. Момота. – Д.: Нова ідеологія, 2002. – 104 с.
- [5] Герцбах И.Б., Кордонский Х.Б. Модели отказов. – М: Из-во "Советское радио", 1966. – 168 с.
- [6] Захарченко Д.Д. Тяговые электрические аппараты. – М.: Транспорт, 1991. – 247 с.
- [7] Таев И.С. Электрические аппараты автоматики и управления. – М.: Высш.шк., 1975. – 223 с.
- [8] Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования. Электрические схемы и аппараты. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
- [9] Баталов Н.М., Петров Б.П. Тяговые электрические аппараты. – М.: Энергия, 1969. – 238 с.

Надійшла 19.10.2006