

*Executed modeling of process of exchange given on the radio link in the automatic checking system and account of electric power. Shown that sufficiently reliable reception and recognition given under the one-shot transmission with probability 0,9 possible at the attitude a signal/noise not less than 12.*

***Exchange by data, radio link, probability, automatic system, checking, account of electric power.***

УДК 621.3.066.5/6:636

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕРОЗІЙНОГО ЗНОСУ СЕРІЙНИХ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ ПУСКАЧІВ ЯК ФУНКЦІЯ КІЛЬКОСТІ КОМУТАЦІЙ**

***В.В. Коробський, кандидат технічних наук***

*Наведено результати досліджень зносостійкості та ерозії серійних контакт-деталей електромагнітних пускачів на основі срібла. Виявлено закономірності ерозійного руйнування розривних мостикових контактів.*

***Електромагнітний пускач, комутаційні випробування, мостикові контакти, контактний матеріал, електроерозійний знос, ерозійна стійкість.***

Пускачі, які випускаються вітчизняною промисловістю, за своїми технічними параметрами, в основному, відповідають сучасному світовому рівню, але з урахуванням тенденцій і динаміки розвитку галузі електромагнітних пускачів за кордоном, можливе відставання за рядом параметрів від зразків іноземних фірм. Новітні вітчизняні пускачі типу ПМЛ випускаються згідно з ліцензією фірми “La Telemecanique Electrique” (Франція) [6, 8] і майже не поступаються французьким пускачам за винятком зручностей безпечного обслуговування та експлуатації (відсутня ступінь захисту IP20), мають масу та габарити в 1,5–2 рази менші, ніж у застарілих пускачів серій ПМЕ та ПАЕ. Тому, для випробування використовуються пускачі ПМЛ 1 та 2 величини, контакт-деталі яких виготовляються з матеріалу на основі срібла (СрН-90, СрМ-0,2+М1, СОК-15).

**Мета досліджень** – визначення закону ерозійного зносу контактів від величини сили струму та кількості комутаційних циклів.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження для серійних контакт-деталей пускачів ПМЛ-1100О<sub>x</sub>4 (А, Б і В), ПМЛ-2100О<sub>x</sub>4 В проводяться за методикою, яка викладена в [1, 5].

Загальна кількість комутаційних циклів увімкнення-вимкнення для всіх пускачів приймається однаковою і рівною 300 тис. Необхідні вимірювання проводяться через кожні 50 тис. комутаційних циклів. Струмові навантаження вибираються (для пускачів 1 і 2 величини), виходячи із по-

ложення, що номінальні робочі струми пускачів: 4; 6,3; 10 А. Випробування проводяться при впливі спеціального корозивного середовища, яке складається із суміші газів  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S}$ . Номінальне верхнє значення концентрації аміаку і сірководню становить відповідно  $30 \text{ мг/м}^3$  і  $25 \text{ мг/м}^3$  [2]. Контакт-деталі зважуються разом із контактотримачами. Випробування здійснюються для двох пускачів кожної величини відкритого виконання без теплового реле.

Обробка експериментальних даних з метою визначення математичного закону зміни маси контакт-деталей як функції наробітку проводиться за методикою, яка наведена в роботі [3]. Результати обробки і коефіцієнти інтенсивності зношування заносяться до спеціальних таблиць.

Електроерозійний знос визначається на основі зміни маси:

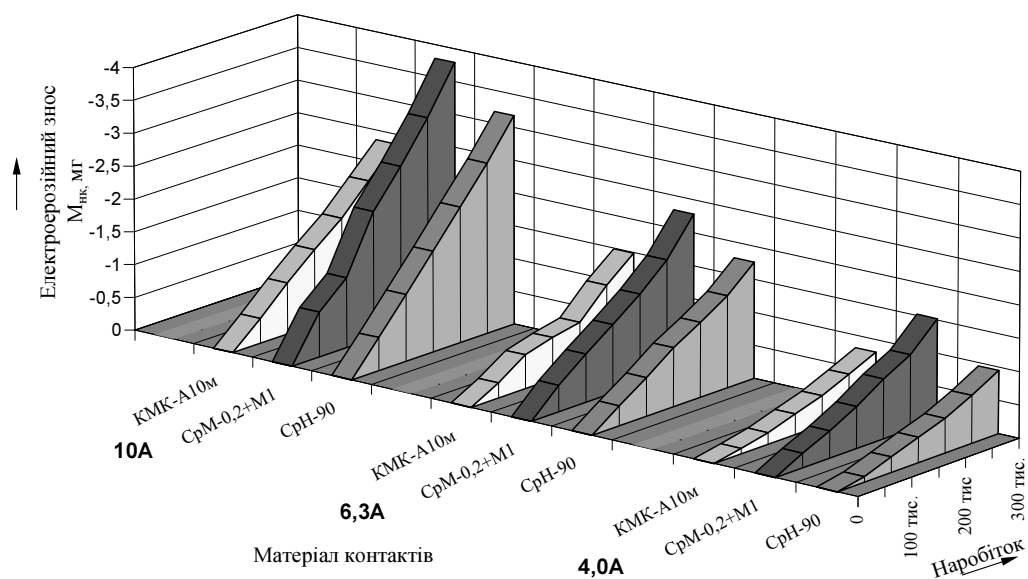
$$m_2 = m_1 - kn, \quad (1)$$

де  $m_1$  – маса контакту перед початком комутаційних випробувань, г;  $m_2$  – маса контакту після серії комутаційних випробувань, г;  $k$  – коефіцієнт інтенсивності зношування, г/цикл;  $n$  – кількість комутаційних циклів.

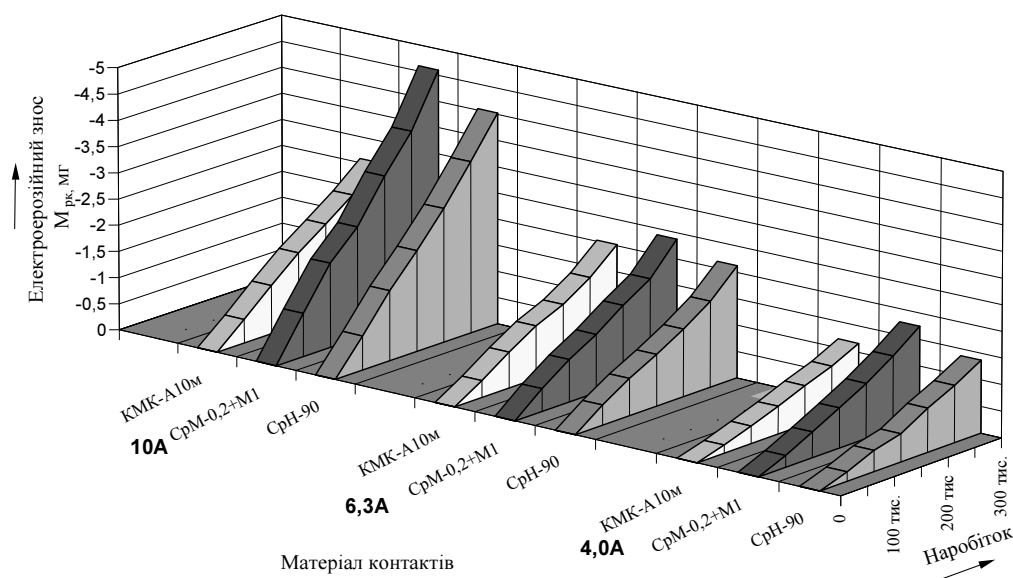
**Результати досліджень.** За результатами досліджень за спеціальними таблицями побудовано залежності електроерозійного зносу серійних контакт-деталей пускачів ПМЛ із різних контактних матеріалів (рис. 1, 2).

На рисунках 3–5 наведено фотографії серійних мостикових контактів пускачів ПМЛ. Надійність електричного контакту здебільшого визначається його складовими компонентами, структурою і властивостями поверхневих шарів, які утворюються в результаті ерозії і переносу контактного матеріалу в електричній дузі [4, 7]. При комутації змінного струму постійно змінюється полярність протікання струму через контакт і за експериментальними даними встановлено негативний (тобто зменшення маси) коефіцієнт інтенсивності електричної ерозії у нерухомих контакт-деталей (1, 2, 3, 4, 5, 6) і в рухомих (мостики 1-2, 3-4, 5-6). Але рухомі контакт-деталі зношуються інтенсивніше на 10–27%. Це явище характерне для контактів змінного струму, його можна пояснити тим, що при випробуваннях температура рухомих мостиків була вища, ніж температура нерухомих контактів, на 25–30 °С. Маса рухомого контакту мостикового типу зменшується трохи більше, ніж маса нерухомих контактів, тому що процеси при дуговій ерозії супроводжуються інтенсивнішим випаровуванням і розбризкуванням матеріалу контакт-деталі з більш високою температурою.

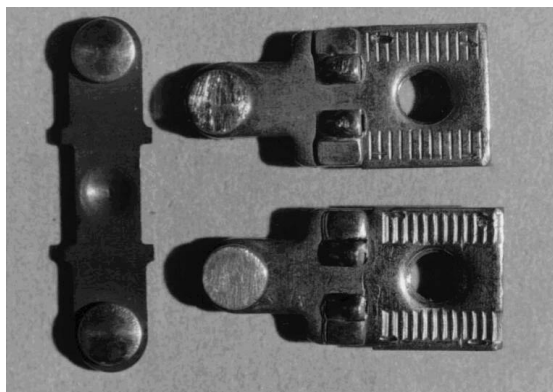
З наведених рисунків видно, що зі збільшенням комутуючого струму ерозійний знос збільшується і досягає свого максимального значення при струмі 10 А. Обумовлюється це тим, що із збільшенням струму в контактних процесах значну роль відіграють фактори плазмової дуги і збільшується дуговий ерозійний знос за рахунок зростання енергії електричної дуги. Причому на дугову ерозію суттєво впливає фазовий склад і структура контактного матеріалу, тому що дуговий канал закріплюється на структурних складових з низькими тепло- і електропровідністю.



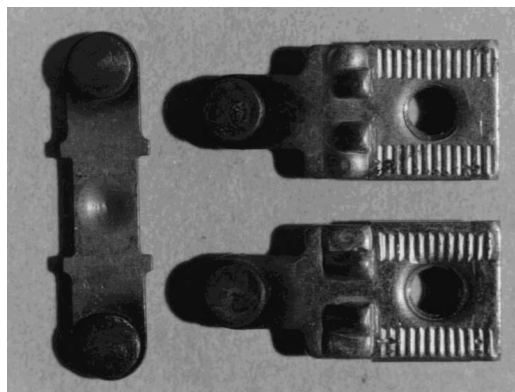
**Рис. 1. Залежність електроерозійного зносу серійних нерухомих контакт-деталей пускачів ПМЛ**



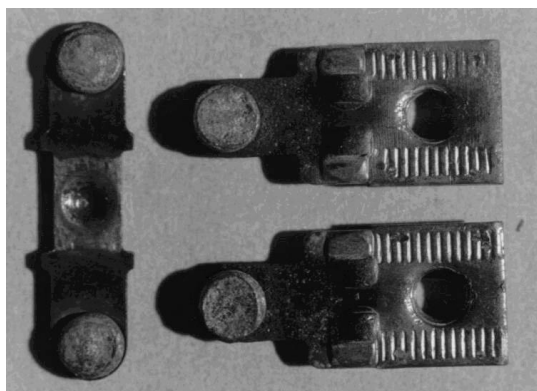
**Рис. 2. Залежність електроерозійного зносу серійних рухомих контакт-деталей (мостиків) пускачів ПМЛ**



а



б



б

**Рис.3. Зовнішній вигляд контактів пускача ПМЛ-1100О<sub>х</sub>4 А після наробітку:**

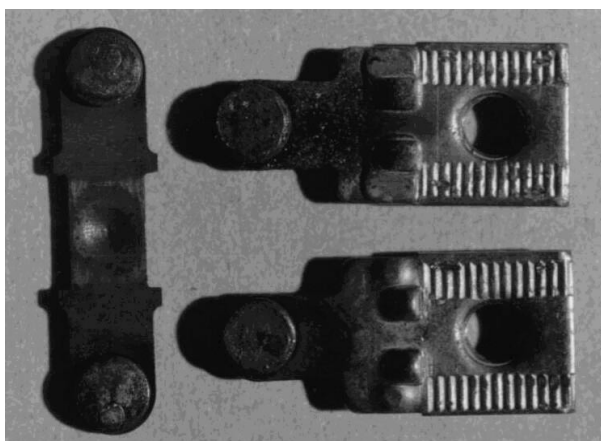
а – 0 тис. комутаційних циклів;

б – 150 тис. циклів;

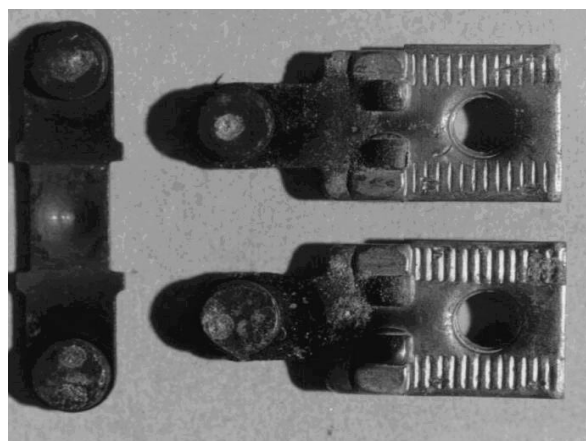
в – 300 тис. циклів.

Категорія АС-3 (U=380 В; I=10А).

Матеріал СrН-90. Збільшення у 4 рази



а

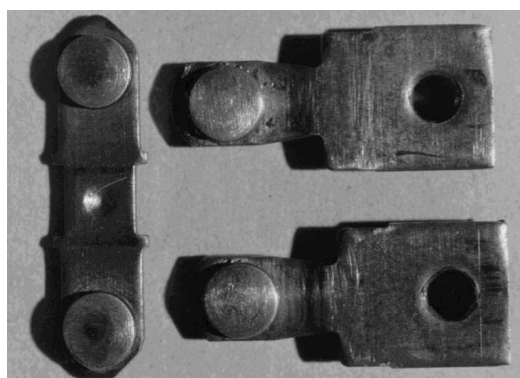


б

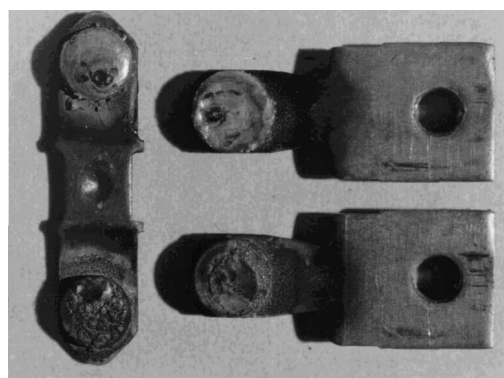
**Рис.4. Зовнішній вигляд контактів пускача ПМЛ-1100О<sub>х</sub>4 В після наробітку:**

а – 150 тис. комутаційних циклів; б – 300 тис. циклів.

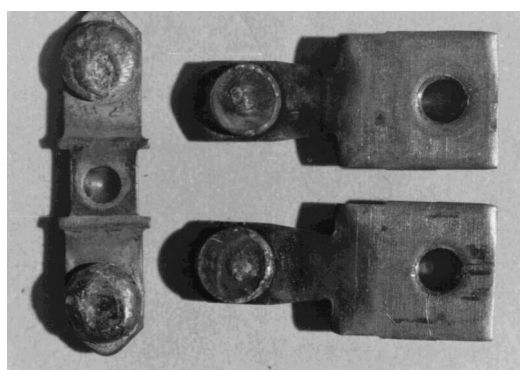
Категорія АС-3 (U=380 В; I=10А). Матеріал СrМ-0,2+М1. Збільшення у 4 рази



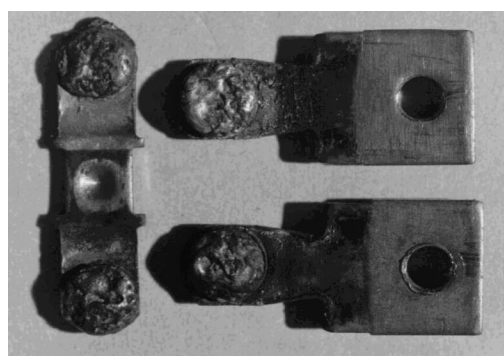
а



б



в



г

**Рис.5. Зовнішній вигляд контактів пускача ПМЛ-2100О<sub>4</sub> В після наробітку:**  
а – 0 тис. комутаційних циклів; б – 150 тис. циклів; в – 300 тис. циклів;  
г – 500 тис. циклів. Категорія АС-3 (U=380 В; I=25 А). Матеріал КМК – А10м.  
Збільшення у 4 рази

Найбільшу ерозійну стійкість мають контакти КМК-А10м (пускач ПМЛ 2100.В). Стійкість матеріалу КМК-А10м вища на 13–30 %, ніж контактів із матеріалу СрН-90 і на 35–45 % вища, ніж у біметалевого контакту СрМ-0,2+М1. Висока електроерозійна стійкість контактів КМК-А10м у наших дослідженнях досягається структурою матеріалу та особливостями оксиду кадмію CdO. Також дуга горить в атмосфері парів кадмію та кисню, потенціал іонізації яких вище, ніж парів Ag.

Дещо нижча електроерозійна стійкість у матеріалу СрН-90, що застосовується в пусках ПМЛ-1100О<sub>4</sub> А. Матеріал СрН-90 включає в себе дві складові фази: срібло – 90 % і нікель – 10 %. Фази нікелю і срібла не змішуються ні в твердому, ні в рідкому стані. Нікель у цьому псевдосплаві підвищує зносостійкість, визначає його міцність і твердість, перешкоджає зварюванню контактів і зменшує мостикоутворення, сприяє тривкості до атмосферної корозії. При нагріванні до 500 °С нікель поступово окислюється, але оксидна плівка – тонка і слабо утримується на металі, внаслідок чого при незначних механічних зусиллях вона руйнується і не порушує електричного контакту. Тому, контакти СрН-90 зберігають металічний вигляд досить тривалий час при роботі. Ця плівка не збільшує контактний опір і під впливом контактних дуг.

Найменш ерозійностійкими є контакти з матеріалу  $\text{CrM-0,2+M1}$ . Їх ерозійний знос в 1,4–1,6 раза більший, ніж у контактів з матеріалу КМК-А10м. У цих біметалевих контакт-деталях заклепкового типу нижній прошарок виготовляється з міді М1 і не зазнає ерозії. Робочий плакуючий прошарок виготовляється з матеріалу:  $99,8\%\text{Ag}+0,1\%\text{Ni}+0,1\%\text{Cu}$ . Мінімальна товщина робочого прошарку обумовлена технічними можливостями зварювального вузла холодновисадкових автоматів і становить  $\approx 0,3$  мм.

Термічна дія дуги викликає випаровування і розбризкування матеріалу контактів, поверхні контакт-деталей окислюються. В процесі роботи можливі суттєві зміни в поверхневому шарі. На поверхні контактів утворюються оксиди срібла, міді, нікелю.

### Висновки

1. Контакти, які працюють при номінальних струмах до 10–25 А, зазнають руйнування та ерозії в результаті впливу електричної дуги.
2. Встановлено лінійний закон ерозійного зносу контактів від величини сили струму та кількості комутаційних циклів, виявлено негативний коефіцієнт інтенсивності електричної ерозії в нерухомих і рухомих контакт-деталей. Рухомі контакти зношуються на 10–27 % інтенсивніше.
3. Ерозійна стійкість контактів з матеріалу КМК - А10м на 13–30 % вища, ніж в  $\text{CrH-90}$  і на 35–45 % вища, ніж в  $\text{CrM-0,2+M1}$ . У поверхневих шарах  $\text{CrH-90}$  виявлено значну кількість тугоплавкої складової (Ni), що свідчить не тільки про першочерговість випаровування срібла, але й про наявність мостикового переносу.

### Список літератури

1. Коробський В.В. Установка для експериментального дослідження електромагнітних пускатрів / Коробський В.В. // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2011. – №161. – С. 78–83.
2. Коррозионная стойкость электроконтактных материалов на основе меди в агрессивных средах / Г.Н.Братерская, В.А.Лавренко, С.П.Кохановский, В.В.Коробский // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 1993. – №2. – С. 56–60.
3. Кохановский С.П. Влияние электрической дуги на работу контактов электромагнитных пускателей типа ПМЛ-1200.О4 / С.П.Кохановский, В.В.Коробский// Повышение эксплуатационной надежности электрооборудования в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. – К.: УСХА, 1993. – С. 108–118.
4. Мелашенко И.П. Металлокерамические размыкаемые контакты с мелкодисперстной структурой / Мелашенко И.П., Малышев В.М., Румянцев Д.В. // Электротехнические металлокерамические изделия. – М.: ВНИИЭМ, 1965. – С. 57 – 61.
5. Петин О.В. Испытание электрических аппаратов: учеб. пособие для вузов по спец. «Электрические аппараты» / О.В.Петин, Е.Ф.Щербаков. – М.: Высш. шк., 1985. – 215 с.
6. Пускатели электромагнитные низковольтные. Общие технические условия: ГОСТ 2491-82 (СТ СЭВ 5535-86). – [Введен с1983-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 22 с.

7. Справочник по электротехническим материалам. Т.3 / под ред. Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, Б.М.Тареева. – [3-е изд., перераб.] – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 728 с.

8. Экспериментальные и теоретические исследования по созданию нового поколения магнитных пускателей на токи до 160 А (перспектива до 2005 года): Отчет о НИР (закл.) / ВНИИР. - № ГР01890020984; Инв. №02890053785. - Чебоксары, 1989. – 115 с.

*Приведены результаты исследований износоустойчивости и эрозии контакт-деталей электромагнитных пускателей на основе серебра. Выявлено закономерности эрозионного разрушения разрывных мостиковых контактов.*

***Электромагнитный пускатель, коммутационные испытания, мостиковые контакты, контактный материал, электроэрозионный износ, эрозионная стойкость.***

*The results of investigations deterioration of stability and erosion of the serial contact details the electromagnetic starters based on silver. The regularity of the erosion frangible bridge contacts.*

***The electromagnetic starter, switching tests, bridge contacts, contact material, electrical erosion wear, erosion resistance.***

УДК 621.314.55(088.8)

## **РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ СТРУМУ ЗВАРЮВАННЯ**

***М. В. Брагіда, кандидат технічних наук  
Я. О. Тримпол, студентка магістратури***

*Наведено конструкцію зварювального трансформатора та запропоновано методику розрахунку параметрів обмотки регулювання струму зварювання.*

***Зварювальний трансформатор, тороїд, магнітопровід, обмотка регулювання, дросель.***

Зварювальні трансформатори на тороїдних магнітних осердях мають суттєві переваги перед трансформаторами класичного виконання:

- зменшені втрати електричної енергії при регулюванні величини струму зварювання;
- відсутні втрати енергії магнітного поля на розсіювання;
- відсутні всякі механічні регулятори струму зварювання, а відповідно і шумові явища;