

# RESEARCH OF ENERGY EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF ELECTROTECHNOLOGICAL PRODUCTION OF BREEDING PRODUCTS USING COGENERATION EQUIPMENT

V. V. Momotyuk

**Abstract.** *The methodology of the use of cogeneration equipment in the composition of the electrotechnical complex of the bread-baking plant was developed and tested in order to save financial resources for the production of products, using the specialized software of the company "Synapse". The possibility of controlling the inclusion of equipment during the time of the minimum cost of electricity is taken into account. A system of automatic temperature control in the boiler house has been developed, which allows one to determine whether the boiler operation is normal for normal operation and the amount of heat energy produced by the cogeneration unit.*

*The methodology for managing the generation and distribution of energy resources of the bread-baking plant according to the daily band electricity cost (similar to the "Smart Grid"-concept) has been developed, which allowed to increase the cost-effectiveness of the use of cogeneration equipment up to 10%.*

**Keywords:** *electrotechnology complex, energy efficiency, cogeneration unit*

УДК 621.762

## ВПЛИВ ОКИСЛІВ МЕТАЛІВ НА ЕРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ КОНТАКТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

**А. М. МРАЧКОВСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент

*E-mail:* amrachkovskyi@mail.ru

**С. О. БУРЛАКА**, студентка

*E-mail:* burlaka.sv.7@gmail.com

**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

**Анотація.** *Проаналізовано вплив окислів металів на величину ерозійного зносу контактних матеріалів від кількості спрацювань і величини комутованого струму для контактних пар, виготовлених з однойменних і різнойменних матеріалів. Електричну ерозію і механічний знос контактів можна контролювати структурою матеріалів. Приведені результати досліджень на електроерозійну стійкість нового контактного матеріалу на основі срібла з добавками оксидів металів підвищують зносостійкість досліджуваного матеріалу в 1,5 раза. Також забезпечується високий ступінь екологічної чистоти матеріалу.*

---

© А. М. Мрачковський, С. О. Бурлака, 2017

*Зображено залежність електричної ерозії контакт-деталей від кількості комутацій. Здійснено оцінку електроерозійної стійкості та надійності контактування нових матеріалів.*

**Ключові слова:** *срібло, нікель, псевдосплав, ерозійний знос, робоча поверхня, катод, анод, мостиковий перенос, електронно-мікроскопічне дослідження*

**Актуальність.** Срібло та його сплави широко використовуються, як матеріал для контактів електричних апаратів напругою до 1000В. У зв'язку з дефіцитністю та дороговизною срібла існує необхідність підвищення електроерозійної стійкості контактів на основі срібла [1].

Відомі спечені електроконтактні матеріали на основі срібла типу AgKdIn та КМК А-10 мають недостатню електроерозійну стійкість та високу токсичність.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Електричну ерозію і механічний знос контактів можна контролювати структурою матеріалів. Принципи структуроутворення для розривних контактів передбачають наявність в електропровідній і теплопровідній матриці добавок з відмінними фізико-механічними властивостями. Такі добавки можуть виконувати різні функції: зміцнювати матрицю, гасити дугу, змінювати роботу виходу електрону, яка впливає на рухливість основи дуги. При переміщенні дуги з одного окремо взятого включення на інше відбувається дисипація енергії дуги, зменшується кількість енергії, яка поглинається контакт-деталлями. Така структура перешкоджає утворенню розплавленого кратера і знижує викидання матеріалу при дії електричної дуги [2–5].

Основним критерієм добавок є висока термодинамічна стабільність, яка характеризується відсутністю хімічної взаємодії з матричним металом і малою схильністю до коалесценції, коли виникає розчинно-осадовий процес матеріалу при високих температурах. Цим вимогам відповідають окисли металів [6, 7].

**Мета дослідження** – аналіз фізичних процесів на робочих поверхнях комутаційних апаратів.

**Матеріали і методи дослідження.** Приведені результати досліджень на електроерозійну стійкість нового контактного матеріалу на основі срібла з добавками оксидів металів підвищують зносостійкість досліджуваного матеріалу в 1,5 раза порівняно з серійним, типу КМК-А10.

Дослідження нового композиційного матеріалу на основі срібла з добавками оксидів олова, вольфраму, індію отримали методом порошкової металургії. Технологія виготовлення композиційного матеріалу включає такі операції: змішування порошку срібла з порошками інших добавок: оксидів олова, індію та металу цирконію; відновлення суміші срібла з добавками в середовищі водню за температури 650°C, час витримки 2 години; отримані порошки сплавів срібло – олово, срібло – олово – індію і порошок цирконію піддавалися внутрішньому окисненню за температури 750°C протягом 2 годин; до отриманих порошків додавали порошок триоксиду вольфраму ( $WO_3$ ) і пресували контактні заготовки.

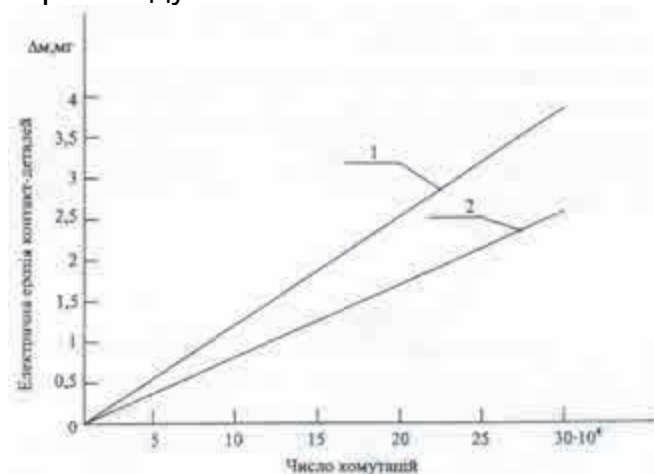
Випробування на електроерозійну стійкість проводили при змінному струмі 100А, напрузі 380В, коефіцієнті потужності  $\cos \varphi = 0,35$ , числі комутацій 3000.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати випробувань показали, що при введенні в срібну матрицю перелічених інгредієнтів з вилученням токсичного оксиду кадмію, електроерозійна стійкість контакт-деталей підвищується в 1,5 раза (див. рисунок) і забезпечується високий ступінь екологічної чистоти матеріалу. Це досягається позитивним впливом на контактні властивості оксидів металів, які вводяться в срібну матрицю. Оксиди металів мають такі властивості: у широкому інтервалі концентрацій сплавляються зі сріблом, мають високий тиск і легке сублімування, щоб не утворювати на контактній поверхні накопичень оксидів, у широкому діапазоні складу сплавів мають здатність до внутрішнього окислення, не сприяють повторному запалюванню електричної дуги.

Унаслідок відносно високої твердості оксиду олова ( $\text{SnO}_2$ ), що становить ( $H_v=60 \text{ кгс/мм}^2$ ) порівняно зі сріблом ( $\text{Ag}$ ) – ( $H_v=25 \text{ кгс/мм}^2$ ), підвищується твердість срібної матриці за рахунок розташування дрібних частинок  $\text{SnO}_2$  усередині зерен  $\text{Ag}$ .

Введення оксиду індію ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ) сприяє протіканню внутрішнього окислення контактного матеріалу, прискорює дифузію олова в срібло, унаслідок чого рівномірно розподіляються частинки олова по всьому об'єму матеріалу, тим самим підвищуючи міцність і твердість матеріалу в цілому.

Введення цирконію ( $\text{Zr}$ ) у контактний матеріал дисперсно змінює срібну матрицю, оскільки твердість ( $H_v=150 \text{ кгс/мм}^2$ ) у шість разів перевищує твердість срібла ( $H_v=25 \text{ кгс/мм}^2$ ). Також цирконій поглинає кисень із розплавленого срібла, розчинність якого становить близько 20 об'ємів розплаву. При зниженні температури кисень, який виділяється бурхливо з розплаву, поглинається цирконієм, а це знижує розбрикування рідкого срібла та час горіння електричної дуги.



#### **Залежність електричної ерозії контакт-деталей від кількості комутацій:**

- 1 – серійний контактний матеріал з наступними інгредієнтами: 85%  $\text{Ag}$ , 15%  $\text{CdO}$ ; 2 – дослідний контактний матеріал з наступними інгредієнтами: оксид олова ( $\text{SnO}_2$ ) – 11,5%, оксид індію ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ) – 4%, оксид вольфраму ( $\text{WO}_3$ ) – 0,5%, цирконій ( $\text{Zr}$ ) – 2%, срібло ( $\text{Ag}$ ) – 82%

Добавки оксиду вольфраму ( $WO_3$ ) добре змочують і обволочують тверді частинки оксидів  $SnO_2$ , які залишаються в завислому стані в масі срібла, що розплавилася під дією електричної дуги. Це дало можливість частинкам  $SnO_2$  залишитись у розплавленій масі срібла, підвищити його в'язкість, яка позитивно впливає на зносостійкість. Даний розроблений матеріал характеризується високим ступенем екологічної безпеки, достатнім рівнем контактних властивостей, порівняно низькою собівартістю і рекомендується для заміни серійних контактів типу КМК А-10.

### **Висновки і перспективи**

1. Встановлена нелінійна залежність зміни електричної ерозії від сили струму, характеру навантаження, числа комутацій, фізико-механічних властивостей матеріалу та його мікроструктури для матеріалів на основі срібла.

2. Оцінка електроерозійної стійкості та надійності контактування нових матеріалів здійснювалася шляхом обґрунтування вмісту інгредієнтів з необхідними фізико-механічними властивостями та дослідження тривалості горіння дуги й закономірностей зміни мікроструктури. Електроерозійна стійкість нових композиційних матеріалів на основі срібла перевищує стійкість серійних матеріалів у 1,5 раза.

### **Список літератури**

1. Хольм Р. Электрические контакты / Хольм Р. – М. : Издательство иностранной литературы, 1961. – 464 с.
2. Исследование эрозии металлокерамических контактов на основе серебра и никеля при коммутации малых токов. Электрические контакты / [Бейлис И. И., Братерская Г. Н., Раховский В. Н., Теодорович О. К.]. – М. : Энергия, 1987. – 305 с.
3. Белкин Г. С. Исследование электрической эрозии металлокерамических аппаратов / Г. С. Белкин, М. Е. Данилов // Электричество. – 1972. – № 2. – С. 12–18.
4. Намитоков К. К. Электроэрозионные явления / Намитоков К. К. – М. : Энергия, 1978. – 456 с.
5. Намитоков К. К. Расчет электрического сопротивления многоточечного контакта / К. К. Намитоков, В. Б. Красовицкий // Научно-технический реферативный сборник «Электрофизические и электрохимические методы обработки». – 1973. – Вып. 8. – С. 4–7.
6. Омельченко В. Т. Тепловая теория мостиковой эрозии контактов : автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук / В. Т. Омельченко ; Х. : ХПИ, 1966. – 24 с.
7. Radko I. P. Contacts with increased environmental safety in low-voltage switching devices / I. P. Radko, S. P. Kokhanivskiy, T. V. Shcherbak // Published works of Lublin University. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – 2011. – Vol. 13 D.

### **References**

1. Khol'm, R. (1961). Elektricheskiye kontakty [Electrical contacts]. Moskow: Izdatel'stvo inostrannoy literatury, 464.
2. Beylis, I. I., Braterskaya, G. N., Rakhovskiy, V. N., Teodorovich, O. K. (1987). Issledovaniye eroziyi metallokeramicheskikh kontaktov na osnove serebra i

nikelya pri kommutatsiyi malykh tokov. Elektricheskiye kontakty [Study of the erosion of metal-ceramic contacts based on silver and nickel for commutation of low currents. Electrical contacts]. – Moskow: Energija, 305.

3. Belkin, G. S., Danilov, M. E. (1972). Issledovaniye elektricheskoy eroziyi metallokeramicheskikh apparatov [Study of electrical erosion of metal-ceramic devices]. Elektrichestvo, 2, 12–18.

4. Namitokov, K. K. (1978). Elektroerozionnyye yavleniya [Electroerosion phenomena]. Moskow.: Energiya, 456.

5. Namitokov, K. K., Krasovitskiy, V. B. (1973). Raschet elektricheskogo soprotivleniya mnogochechnogo kontakta [Calculation of the electrical resistance of a multipoint contact]. Nauchno-tehnicheskiy referativnyy sbornik «Elektrofizicheskiye i elektrokhimicheskiye metody obrabotki», 8, 4–7.

6. Omel'chenko, V. T. (1966). Teplovaya teoriya mostikovoy eroziyi kontaktov [Thermal theory of bridge erosion of contacts]. Avtoref. dis. na soisk. uchen. stepeni d-ra tekhn. nauk. Khar'kov: KhPI, 24.

7. Radko, I. P., Kokhanivskiy, S. P., Shcherbak, T. V. (2011). Contacts with increased environmental safety in low-voltage switching devices. Published works of Lublin University “Motoryzacia i energetyka rolnictwa”, 13 D.

## **ВЛИЯНИЕ ОКИСЛОВ МЕТАЛЛОВ НА ЭРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ КОНТАКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

**А. Н. Мрачковский,  
С. А. Бурлака**

***Аннотация.** Проанализировано влияние окислов металлов на величину эрозионного износа контактных материалов от количества срабатываний и величины коммутируемого тока для контактных пар, изготовленных из одноименных и разноименных материалов. Электрическую эрозию и механический износ контактов можно контролировать структурой материалов.*

*Приведены результаты исследований на электроэрозионную устойчивость нового контактного материала на основе серебра с добавками оксидов металлов повышают износостойкость изучаемого материала в 1,5 раза. Также обеспечивается высокая степень экологической чистоты материала. Изображена зависимость электрической эрозии контакт-деталей от количества коммутаций. Осуществлена оценка электроэрозионной устойчивости и надежности контакта новых материалов.*

***Ключевые слова:** серебро, никель, псевдосплав, эрозионный износ, рабочая поверхность, катод, анод, мостиковый перенос, электронно-микроскопическое исследование*

## **THE INFLUENCE OF METAL OXIDES ON EROSION STABILITY OF CONTACTS OF ELECTRIC DEVICES**

**A. M. Mrachkovskiy,  
S. O. Burlaka**

**Abstract.** *The influence of metal oxides on the amount of erosion wear of contact materials from the number of actions and the value of the commutated current for contact pairs, made of the same names and different names are analyzed. Electrical erosion and mechanical wear of the contacts can be controlled by the structure of materials.*

*The results of researches on the electroerosive stability of a new contact material on the basis of silver with the addition of metal oxides increase the durability of the investigated material in 1,5 times. It also provides a high degree of environmental cleanliness of the material. Shows the dependence of the electrical erosion contact details on the number of commutations. The estimation of spark stability and reliability of contacting new materials.*

**Keywords:** *silver, nickel, pseudoalloy, erosive wear, work surface, cathode, anode, bridged transfer, electronic-microscopic research*

УДК 621.3.067

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ФУНКЦИЕЙ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ**

**И. М. ГОЛОДНЫЙ**, кандидат технических наук, доцент  
*Национальный университет биоресурсов и природопользования  
Украины*

**А. В. ТОРОПОВ**, кандидат технических наук, доцент  
*Национальный технический университет Украины "КПИ  
им. И. Сикорского"*

*E-mail: toropovtosha@ukr.net  
golodnyi@ukr.net*

**Аннотация.** *В последнее время все большее применение находят дождевальные машины, питающиеся от автономных источников электрической энергии, в частности дизельных генераторов. Эффективным подходом по снижению достаточной мощности дизельной установки для обеспечения бесперебойной работы дождевальной машины является применение системы "тиристорный плавный пускатель – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором".*

*Цель исследования – снижение пускового тока электропривода насоса дождевальной установки с использованием системы "устройство плавного пуска – асинхронный двигатель" для реализации функции линейного нарастания тока статора.*

*Исследования переходных процессов электропривода насоса дождевальной установки с плавным пуском проводились с использованием*

---

© И. М. Голодный, А. В. Торопов, 2017