

Modyfikacja powierzchni stykowych łączników aparatowych

W artykule przedstawiono i omówiono wyniki badań wartości rezystancji oraz temperatury zestyków w trakcie pracy dla łączników aparatowych, których styki pokryto warstwą ochronną z tytanu metodą dynamicznego mieszania jonowego oraz dla porównania srebrem stosując metodę galwanizacji. Sformułowano odpowiednie wnioski dotyczące wpływu powyższych metod na parametry eksploatacyjne łączników w porównaniu do łączników produkowanych seryjnie.

WSTĘP

Styki są bardzo ważnymi elementami budowy aparatów elektrycznych. To od nich przede wszystkim zależy długotrwała i niezawodna praca urządzeń, nierzadko przewidziana na kilkanaście lat lub też liczona w dziesiątkach tysięcy cykli łączeniowych. Ponieważ istnieje ogromna różnorodność warunków pracy łączników, a w związku z tym wymagań dotyczących parametrów elektrycznych i mechanicznych, do budowy styków należy stosować materiały o odpowiednich właściwościach.

Podstawowym materiałem, który znalazł zastosowanie w dziedzinie aparatów elektrycznych jest miedź. Charakteryzuje się ona dobrą przewodnością elektryczną i cieplną, jednak wykazuje małą odporność na erozję i działanie łuku elektrycznego, który zapalając się pomiędzy rozchodzącymi się stykami łącznika, pogarsza jego parametry eksploatacyjne, doprowadzając jednocześnie do degradacji powierzchni styczności i powstawania warstw nalotowych [1].

Jednymi z najczęściej stosowanych metod poprawy właściwości elektrycznych styków, są metody galwanizacji oraz implantacji powierzchni stykowych (zwłaszcza metoda dynamicznego mieszania jonowego) metalami charakteryzującymi się większą odpornością na działanie łuku elektrycznego. O ile jednak metoda galwanizacji pozwala na nałożenie warstwy ochronnej o odpowiedniej grubości na materiał bazowy, w tym przypadku na miedziany styk, tworząc z nim wyraźną granicę, to metoda dyna-

micznego mieszania jonowego daje możliwość wnikania atomów metalu implantowanego odpowiednio głęboko w materiał styku, powodując stopniowe zmiany składu chemicznego styku, bez wyraźnego podziału na materiał bazowy i implantowany. Skutkuje to trwałym połączeniem nanoszonej powłoki z materiałem styku.

OBIEKT BADAŃ

Do badań wykorzystano łączniki aparatowe typu W10 przystosowane do pracy w obwodzie prądu przemiennego o wartości znamionowej $I=10$ A i napięciu $U=250$ V ze stykami miedzianymi. Na styki miedziane (metodą dynamicznego mieszania jonowego) naniesiono warstwę ochronną z tytanu. Dla porównania badaniom również poddano również wyżej wymienione łączniki z zastosowaną warstwą ochronną ze srebra oraz standardowe łączniki ze stykami miedzianymi.

SPOSÓB I ZAKRES PRZEPROWADZANIA BADAŃ

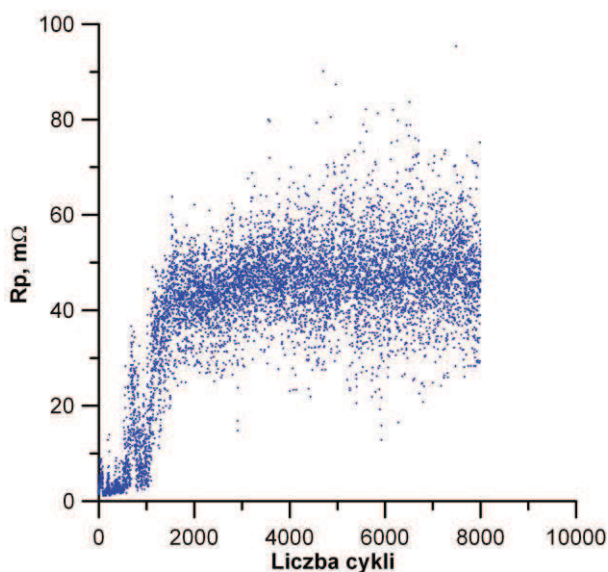
Przeprowadzone badania polegały na określeniu zmian wybranych, najistotniejszych właściwości elektrycznych łączników w trakcie ich eksploatacji. Wykonano je również zgodnie z zaleceniami Polskiej Normy PN-E 10581 „Łączniki do przy-

rzędów. Postanowienia ogólne” [2], według której łącznik taki powinien wytrzymać 10000 cykli łączeniowych i zachować sprawność do dalszej pracy, przy czym prąd wyłączania w obwodzie o obciążeniu rezystancyjnym powinien wynosić $I_{\text{wyt}} = 10 \text{ A}$.

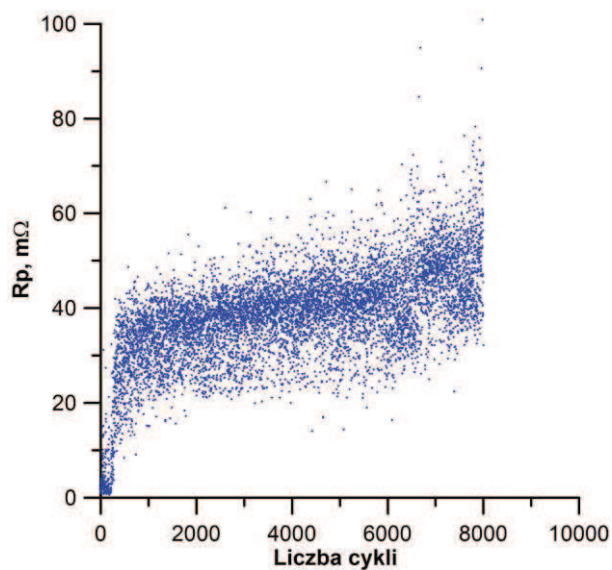
W celu wyznaczenia wartości rezystancji w zestyku, w trakcie badań dokonywano w każdym cyklu łączeniowym pomiarów spadku napięcia na zestyku łącznika. Mierzono ponadto temperaturę styku nieruchomego nierozłącznego, wykorzystując do tego celu odpowiednie stanowisko pomiarowe [3].

WYNIKI BADAŃ

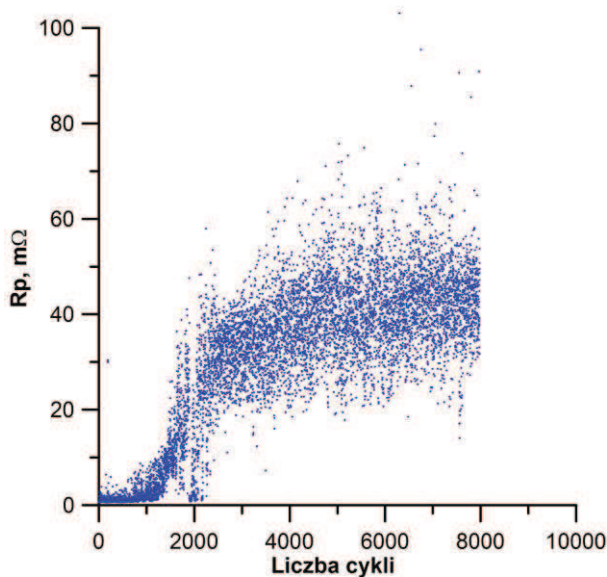
Zależność wartości rezystancji przejścia R_p dla każdego cyklu łączeniowego (uzyskanej z pomiarów spadków napięcia) przedstawiono na rysunku 1. Duża rozbieżność pomiędzy otrzymanymi wartościami, którą można zauważyć porównując chociażby dwa sąsiednie cykle (Rys. 1a,b,c), wynika z ciągłych zmian strukturalnych zachodzących na powierzchni styków. Wskazuje to jednocześnie na konieczność dokonywania, w pewnych przypadkach, pomiarów dla każdego cyklu łączeniowego.



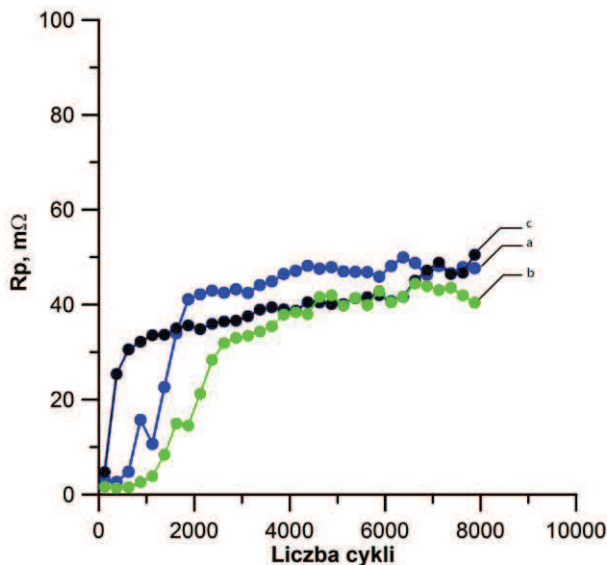
Rys. 1a. Zmiana wartości rezystancji przejścia zestyku w funkcji liczby cykli łączeniowych dla styków z warstwą ochronną z tytanu



Rys. 1b. Zmiana wartości rezystancji przejścia zestyku w funkcji liczby cykli łączeniowych z warstwą ochronną z galwanicznego srebra



Rys. 1c. Zmiana wartości rezystancji przejścia zestyku w funkcji liczby cykli łączeniowych styki tradycyjne miedziane



Rys. 2. Zależność średniej wartości rezystancji przejścia zestyku od liczby cykli łączeniowych
 a) z warstwą ochronną z tytanu,
 b) z warstwą ochronną z galwanicznego srebra,
 c) styki tradycyjne miedziane

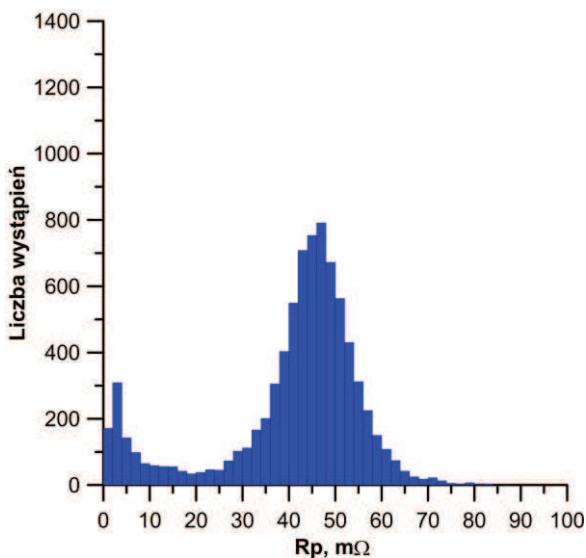
W celu dokonania właściwej interpretacji otrzymanych wyników pomiarów, na rysunku 2 zamieszczono obliczone średnie wartości rezystancji przejścia R_p dla każdego 250 cykli.

Naniesiona na powierzchnię stykową powłoka ochronna powoduje jak widać obniżenie wartości rezystancji przejścia R_p , a więc tym samym wartości spadku napięcia na zestyku, co łatwo daje się zauważyć, szczególnie w początkowym okresie eksploatacji (rys. 2a i b). Inaczej jest natomiast w przypadku łącznika ze stykami miedzianymi (rys. 2c).

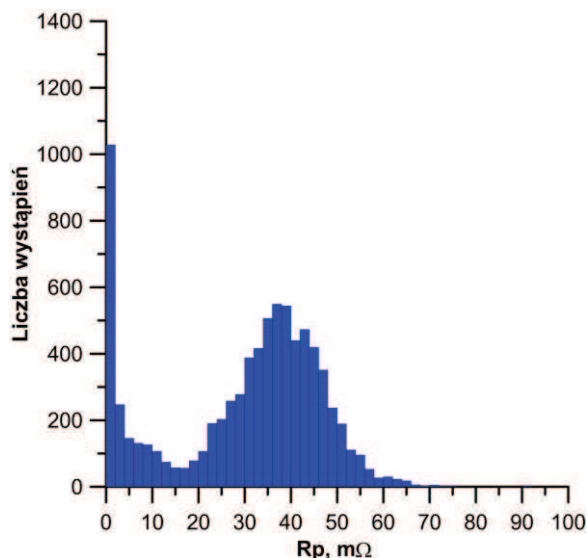
Tutaj wartość rezystancji przejścia jest znacznie

wyższa już dla pierwszych cykli łączeniowych. Zasadnicza różnica w zmianach wartości R_p dla badanych łączników widoczna jest zwłaszcza dla pierwszych tysięcy cykli łączeniowych. Po tym bowiem okresie pracy następuje gwałtowny wzrost wartości rezystancji zestyku, spowodowany odparowywaniem materiału warstwy ochronnej z powierzchni styczności [3].

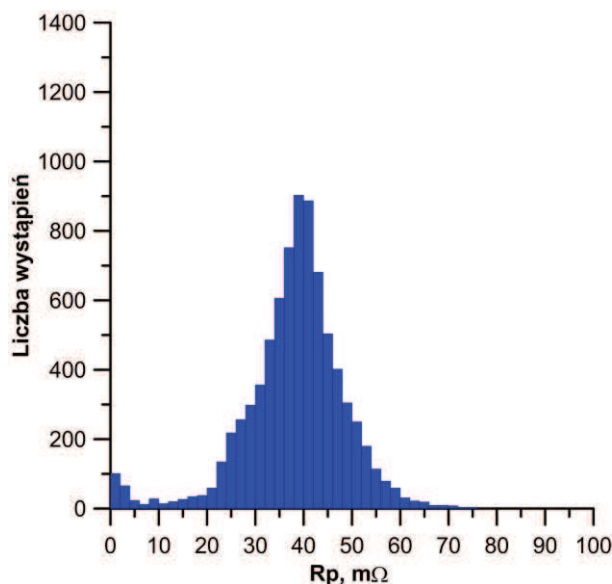
Wykonane dla badanych łączników histogramy (pokazane na rys. 3, 4, 5 przedstawiają liczbę wystąpień poszczególnych wartości rezystancji przejścia w całym okresie eksploatacji.



Rys. 3. Histogram liczby cykli o określonej wartości rezystancji przejścia R_p dla łącznika z warstwą ochronną z tytanu



Rys. 4. Histogram liczby cykli o określonej wartości rezystancji przejścia R_p dla łącznika z warstwą ochronną ze srebra



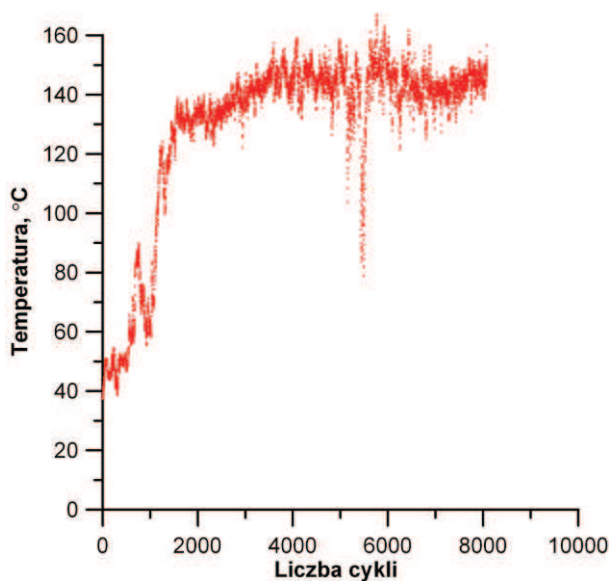
Rys. 5. Histogram liczby cykli o określonej wartości rezystancji przejścia R_p dla łącznika miedzianego

Wynika z nich, że we wszystkich tych przypadkach największa liczba cykli łączeniowych występowała dla wartości rezystancji zestyku zawierającej się w granicach 40 – 50 mΩ.

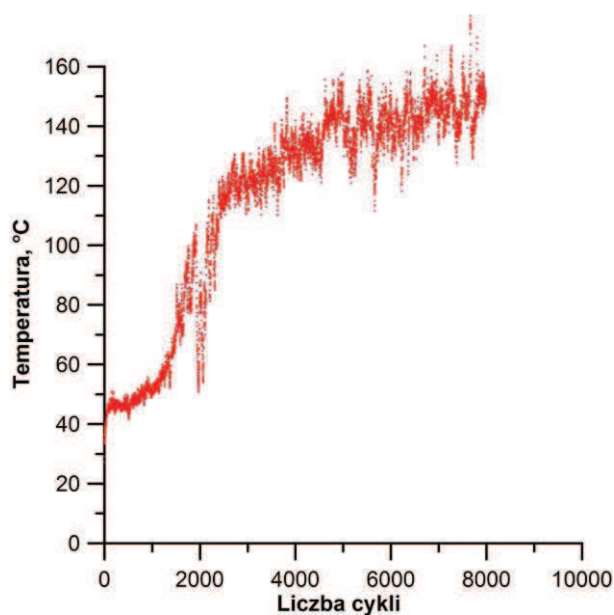
Warto również zauważyć, że w przypadku łącznika z warstwą ochronną styków ze srebra, w początkowym okresie jego eksploatacji, wystąpiło również ponad 1000 cykli łączeniowych charakteryzujących się rezystancją przejścia ok. 2 mΩ.

W trakcie wykonywania pomiarów rejestrowano

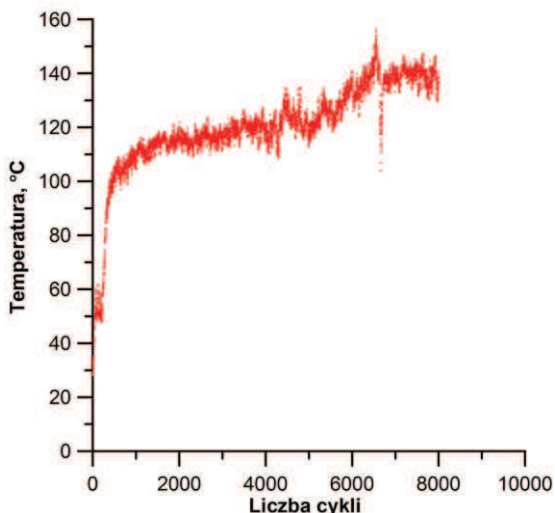
również temperaturę styku nieruchomego łącznika. Dla wszystkich trzech badanych rodzajów łączników temperatura wzrosła od około 50°C, w początkowym okresie eksploatacji do około 120 – 140°C dla ostatnich wykonanych cykli łączeniowych. Okres niższych wartości początkowych temperatur (rys. 6) jest ściśle związany z rodzajem i grubością naniesionej warstwy ochronnej materiału i jest tym dłuższy, im dłużej warstwa ta pozostaje na powierzchni stykowej.



Rys. 6. Zależność temperatury stykowej od liczby wykonanych cykli łączeniowych w przypadku łącznika z warstwą ochronną z tytanu

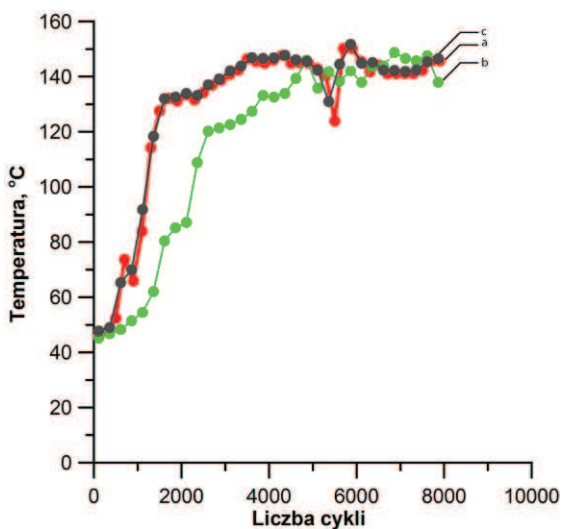


Rys. 7. Zależność temperatury stykowej od liczby wykonanych cykli łączeniowych w przypadku łącznika z warstwą ochronną ze srebra



Rys. 8. Zależność temperatury stykowej od liczby wykonanych cykli łączeniowych w przypadku łącznika miedzianego

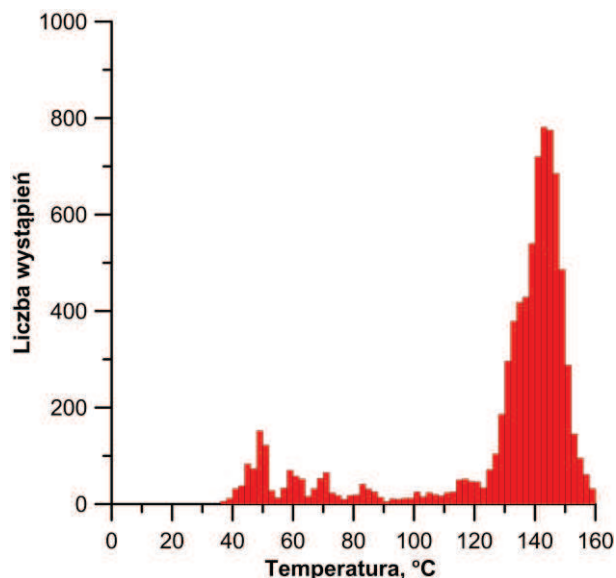
W momencie odsłonięcia miedzi jako materiału bazowego styku (wskutek lokalnego odparowania warstwy ochronnej) następuje gwałtowny wzrost zarówno wartości rezystancji przejścia, jak i temperatury styku (np. dla pokrycia tytanem przebieg jest podobny jak dla styków miedzianych – rys. 9).



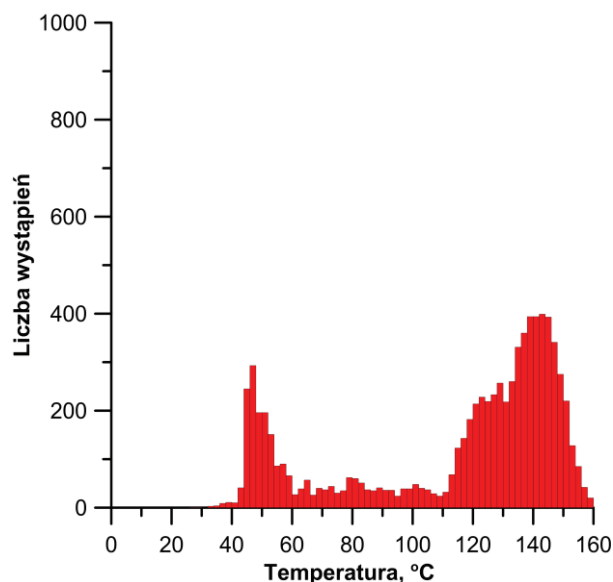
Rys. 9. Zależność średniej wartości temperatury stykowej od liczby wykonanych cykli łączeniowych w przypadku łącznika: a) z warstwą ochronną z tytanu, b) z warstwą ochronną ze srebra, c) miedzianego

Porównywalny przebieg zmian wartości temperatury w funkcji liczby cykli łączeniowych dla styków miedzianych i pokrytych warstwą tytanu wynika nie tylko z uszkodzenia warstwy tytanu podczas komutacji. Spowodowane jest to również osadzaniem się warstwy nalotowej (pod wpływem palącego się łuku podczas otwieraniu łącznika).

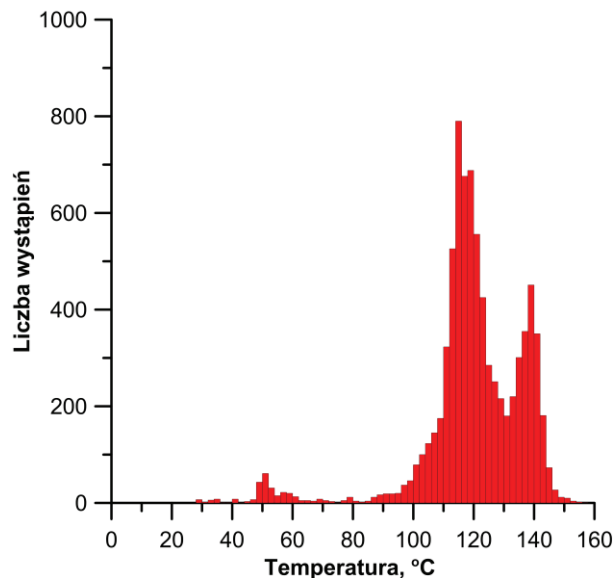
Histogramy z rysunków 10, 11, 12 pokazują rozkład wartości temperatur w trakcie eksploatacji łącznika. Wynika z nich, że najczęściej wystąpiło cykli, w których zarejestrowana temperatura wynosiła około 140°C (łączniki z warstwą ochronną z tytanu i srebra) oraz około 120°C dla łącznika miedzianego.



Rys. 10. Histogram liczby cykli, o określonej wartości temperatury dla łącznika z warstwą ochronną z tytanu



Rys. 11. Histogram liczby cykli, o określonej wartości temperatury dla łącznika z warstwą ochronną ze srebra



Rys. 12. Histogram liczby cykli, o określonej wartości temperatury dla łącznika miedzianego

nych na powierzchnie styków badanych łączników aparatowych niskiego napięcia. Stwierdzono, że na parametry eksploatacyjne łącznika wpływ ma także rodzaj i sposób nanoszenia powłoki ochronnej styku. Użyte w niniejszej pracy, do badań, łączniki z warstwą ochronną z tytanu i srebra okazały się bardziej odporne na narażenia powstające w trakcie eksploatacji (utlenianie, erozja łukowa). Zestawione dwa materiały (titan i srebro) wykazały podobne właściwości jako składniki warstw ochronnych poprawiając, w porównaniu do łącznika tradycyjnego ze stykiem miedzianym, jego parametry.

Literatura

1. Karwat Cz., Kolasik M., Kozak Cz., Żukowski P., Łyszczik P.A., Ługin W.G.: Określanie szybkości degradacji warstw ochronnych łączników przy pomocy spektroskopii rentgenowskiej. *Mechanizacja i Automatyza Górnictwa* 2006, nr 8.
2. PN-E 10581 (1994). Łączniki do przyrządów. Postanowienia ogólne.
3. Kolasik M.: Stanowisko do badania łączników powszechnego użytku. *Pomiary, Automatyza, Kontrola* 2007, nr 11.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania efektywności pracy i pomiary wartości rezystancji przejścia zestyku i temperatury stykowej w funkcji liczby cykli łączeniowych potwierdziły skuteczność nanoszenia warstw ochron-

Recenzent: prof. dr hab. inż. Bogdan Miedziński

MODIFICATION OF CONTACT SURFACES OF APPARATUS SWITCHES

The article describes the results of testing the resistance and temperature values of working contacts for apparatus switches whose contacts were covered with a titanium protective layer with the use of dynamic ion mixing. Additionally, for the purpose of comparison, similar tests were conducted for galvanically silvered contacts. Proper conclusions were formulated about the impact of the above methods on the exploitation parameters of switches in comparison with mass produced switches.

МОДИФИКАЦИЯ КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ АППАРАТНЫХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

В статье представлены и рассмотрены результаты исследований значений активного сопротивления и температуры контактов во время работы для аппаратных соединителей, чьих контакты покрыты защитной оболочкой из титана методом динамического ионного мешания и для сравнения серебром, используя метод гальванизации. Сформулированы соответствующие выводы на тему влияния вышеуказанных методов на эксплуатационные параметры соединителей в сравнении с соединителями производимыми серийно.