

Koncepcja elektrycznego złącza wielostykowego z automatyczną konfiguracją położenia gniazda względem wtyku

PAWEŁ LIGĘZA 

Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków

Streszczenie

W artykule przedstawiono koncepcję nowatorskiego rozwiązania elektrycznego złącza wielostykowego, w którym udoskonalono proces łączenia wtyku i gniazda. W pewnych warunkach eksploatacyjnych takich jak zły fizyczny dostęp, czy ekstremalne warunki zewnętrzne, ustawienie odpowiedniej pozycji wtyku w stosunku do położenia gniazda może być utrudnione lub wymagać czasu. Opracowane złącze pozwala na automatyczną konfigurację położenia gniazda względem wtyku. Wykorzystano tu oddziaływanie magnetyczne. Złącze to może znaleźć zastosowanie w wielu dziedzinach takich jak przemysł motoryzacyjny, lotniczy, kosmiczny, a także akcje ratownicze, gaszenie pożarów, eksploatacja podwodna, podziemna czy przemysł wydobywczy.

Słowa kluczowe: złącze elektryczne, złącze wielostykowe, automatyka połączenia, niezawodność, ergonomia

1. Wprowadzenie

Złącza elektryczne stanowią istotny element praktycznie wszystkich obwodów, układów i systemów elektrycznych, elektrotechnicznych i elektronicznych. Stanowią one elementy umożliwiające elektryczne oraz mechaniczne łączenie i rozłączanie części składowych obwodów. Ze względu na konstrukcję i przeznaczenie mogą one w istotny sposób wpływać na poziom niezawodności i jakości urządzeń. W wielu przypadkach właśnie elementy stykowe mogą stanowić najsłabsze ogniwo urządzenia. Konieczne jest zatem zapewnienie najwyższego poziomu jakości i niezawodności złącz tak pod względem elektrycznym jak i mechanicznym. Pod względem elektrycznym najważniejszym parametrem jest niska rezystancja połączeń, oraz jej stabilność w czasie. Mechanicznie złącza muszą zapewniać trwałość i niezawodność połączenia oraz długotrwałą bezawaryjną eksploatację. Dlatego złącza podlegają ciągłym badaniom oraz dokonywana jest optymalizacja ich parametrów elektrycznych i mechanicznych. Literatura dotycząca projektowania, badań i optymalizacji złącz elektrycznych jest obszerna i dotyczy ogromnej liczby zagadnień o charakterze multidyscyplinarnym. Wynika to olbrzymiej różnorodności złącz pod względem rozmiarów, ilości kontaktów, technologii obwodu, przeznaczenia, warunków eksploatacji wymaganych parametrów i wielu innych cech aplikacyjnych.

Przy opracowywaniu systemu elektrycznego możliwy jest wybór odpowiedniego złącza z olbrzymiej liczby standardowych złącz elektrycznych spełniających określone normy. Złącza te produkowane są i dostępne komercyjnie. Ze względu na powszechny rozwój i postęp technologiczny nieustannie powstają nowe, specjalizowane typy złącz, które muszą spełnić najwyższe wymagania stawiane elementom stykowym. Dotyczy to przede wszystkim takich gałęzi jak przemysł komputerowy, telekomunikacja, motoryzacja czy przemysł kosmiczny. Opracowywanie nowych złącz wymaga prowadzenia zaawansowanych badań w zakresie materiałów, technologii oraz przeprowadzania pomiarów i procesów optymalizacyjnych. Badania prowadzone są zarówno w obszarze modelowania i symulacji komputerowych, jak i w eksperymentalnie. Poniższy krótki przegląd literatury dotyczący takich badań stanowi jedynie niewielki, selektywny fragment tego obszernego zagadnienia. Wskazano tu na przykładowe kierunki prac prowadzonych w zakresie tematyki złącz elektrycznych.

W artykule [1] przedstawiono koncepcję, projekt, modelowanie analityczne i prototyp eksperymentalny nowego inteligentnego złącza elektrycznego, które zapewnia elektryczne i mechaniczne połączenie pomiędzy elementami systemu, w szczególności modułami robotów. Złącze zawiera elementy wtyczki i gniazda. Wtyczka ma centralny kołek otoczony wieloma blaszkami. Blaszki mają koniec połączony z podstawą i koniec wolny. Siłowniki ze stopu z pamięcią kształtu są umieszczone w pobliżu blaszek wtyczki do kontrolowania ruchu wolnego końca blaszek styku. Gniazdo złącza posiada obudowę z otworem na centralny pin wtyku. Dodatkowo wewnątrz gniazda zawiera wiele płytek pasujących do blaszek wtyczki. Podobnie jak wtyczka, gniazdo zawiera siłownik do sterowania ruchem płytek wewnątrz gniazda. Blaszki wtyku i płytki gniazda są odpowiednio do siebie dopasowane, a kołnierze na wolnych końcach służące do łączenia ze sobą wtyczki i gniazda. Według autorów opracowane złącze z siłownikami styków ze stopu z pamięcią kształtu może znaleźć wiele zastosowań oprócz zastosowania w robotach modułowych. Inne możliwe zastosowanie to złącze modułowe w dowolnym typie systemów modułowych, systemy elektromechaniczne w przemyśle kosmicznym i lotniczym, złącza kablowe w przemyśle komputerowym oraz systemy elektryczne samochodów i samolotów.

W pracy [2] przedstawiono proces modelowania i symulacji zachowania styków złączy elektrycznych w aspekcie ich projektowania. Podstawowe parametry, takie jak rezystancja styku, zachowanie tribologiczne i termiczne, siła styku, materiał i rozmiar złącza silnie wpływają na właściwości złącza elektrycznego. Istotny jest wkład pracy i wysiłek, aby zaprojektować rozwiązania specyficzne dla danej aplikacji i związanej z nią parametrów. W celu zwiększenia wydajności i efektywności w procesie projektowania potrzebne są odpowiednie modele komputerowe, które umożliwiają przewidywanie parametrów elektrycznych i mechanicznych złącza. Autorzy zastosowali modelowanie w oparciu o metodę elementów skończonych, a ich celem było symulacyjne zbadanie zachowania zaprojektowanych prototypów złączy.

Autorzy w artykule [3] badają niezawodność połączenia elektrycznego i stabilność wartości rezystancji styku złączy elektrycznych. W szczególności prace poświęcone są złączom elektrycznym stosowanym w trudnych warunkach takich jak intensywne wibracje. W badaniach analizowano związek między zakresem kontaktu a rezystancją styku wybranego złącza elektrycznego za pomocą oprogramowania ANSYS. Wykorzystano model strukturalny złącza pośrednio – sprzężony analizowany, jako układ cieplno-elektryczny. Opracowana metoda pozwala na uzyskiwanie zależności rezystancji złącza od naprężeń, parametrów kontaktu oraz temperatury.

W kolejnym artykule [4] poruszono problem sporadycznych uszkodzeń złączy elektrycznych spowodowanych nieprężeniami temperaturowymi otoczenia i przedstawiono jakościowe analizy wpływu naprężeń temperaturowych na styki elektryczne. Złącze elektryczne jest ważnym elementem układów elektrycznych wpływającym w znacznym stopniu na niezawodność systemu. Działanie styku złącza elektrycznego łatwo ulega zmianie pod wpływem czynników otoczenia, takich jak temperatura, co powoduje różne okresowe i trwałe uszkodzenia złącza elektrycznego. Sporadyczne usterki złącza elektrycznego są trudne do odtworzenia, co stwarza poważne wyzwania dla jakości i niezawodności sprzętu. Autorzy opracowali model symulacyjny par styków złączy elektrycznych stosując metodę elementów skończonych. Symuluje się i analizuje charakterystykę uszkodzeń przerywanych przy różnych poziomach naprężenia temperaturowego dla złączy elektrycznych o różnych rozmiarach par styków i materiałach konstrukcyjnych. Autorzy korzystając z wyników symulacji komputerowych przeprowadzili także badania eksperymentalne złączy dla różnych poziomów naprężeń temperaturowych, różnych rozmiarów par styków i materiałów. Dotyczyło to przypadków uszkodzeń sporadycznych złączy elektrycznych. Wyniki pokazują, że zewnętrzne naprężenia temperaturowe i wpływ temperatury w oczywisty sposób wpływają na działanie styków złącza elektrycznego i że występują przypadkowe, sporadyczne usterki. Im bardziej ekstremalna temperatura i im większa szybkość zmian temperatury, tym większy ich wpływ na usterki złączy.

Artykuł [5] poświęcony jest metodom oceny jakości i niezawodności złączy elektrycznych. Przerwanie obwodu stanowi główny rodzaj uszkodzenia złącza elektrycznego. Konieczna jest więc dokładna ocena częstotliwości uszkodzeń złączy typu sporadyczna przerwa w obwodzie. W artykule zaproponowano metodę oceny tego problemu opartą na sieci pamięci długoterminowej (LSTM), umożliwiającą efektywną ocenę zakresu uszkodzeń. W pierwszej kolejności autorzy tworzą model liniowy oparty na średniej kwadratowej rezystancji (RMS) złącza. Model służy także do dokładnej oceny zjawiska przerywania obwodu. Dane wejściowe modelu stanowią dane w dziedzinie częstotliwości przebiegu rezystancji styku. Wyniki badań potwierdzają, że zaproponowana metoda oceny nie tylko zmniejsza liczbę wymaganych obliczeń, ale także poprawia dokładność oceny wpływu badanego zjawiska na niezawodność obwodów.

Problem zmiany w czasie właściwości stykowych złączy elektrycznych, jako wskaźnika ich właściwości użytkowych w urządzeniach lub systemach elektronicznych badany jest w pracy [6]. Do analizy tego problemu zastosowano dotychczas bardzo niewiele metod skutecznego i dokładnego działania kontaktu złącza. Dlatego też autorzy badania przeprowadzili przyspieszone testy niezawodności w celu zbadania ewolucji parametrów styków złączy elektrycznych. Aby wykryć ewolucję wydajności styków stosowano pomiar rezystancji styków oraz tarcia i zużycia złącza. Badania przeprowadzono za pomocą testera rezystancji prądu stałego i oraz mikroskopu elektronowego. Badano również wpływ warunków zewnętrznych, takich jak temperatura otoczenia i korozja styków. Zbadano statystycznie cykle łączenia i opracowano krzywe ewolucji rezystancji stykowej oraz ścierania styków. Uzyskane wyniki wykazały, że temperatura i prędkość łączenia mają wpływ na jakość styków połączenia elektrycznego. Wzrost temperatury zmniejszał wytrzymałość materiału na ścinanie i zwiększał grubość warstwy tlenku. Zwiększona prędkość łączenia znacznie zwiększyło prawdopodobieństwo zużycia złącza. Wykazano przejście od zużycia adhezyjnego przy niskiej prędkości łączenia do zużycia zdzierającego przy dużej prędkości. Ponadto, gdy złącze było łączone przez około 3000 cykli, wydajność styków złącza uległa znacznemu pogorszeniu.

Wraz z szybkim wzrostem wykorzystania elektroniki coraz więcej badań skupia się na działaniu tribologicznym złączy elektrycznych [7]. Najpopularniejszymi materiałami do powlekania galwanicznego są cyna i miedź. Według autorów artykułu jednym z głównych problemów jest to, że korozja cierna wytwarza tlenki metali, które zwiększają opór elektryczny na styku. Przeprowadzone badania te mają na celu ograniczenie utleniania metali w złączach elektrycznych poprzez zbadanie wydajności trybologicznej różnych grubości warstw cyny i miedzi. Autorzy na stanowisku testowym z obwodem elektrycznym prowadzili badania zużycia złącz przy ruchu posuwisto - zwrotnym. W badaniach uwzględniono wpływ grubości warstw cyny i miedzi, w tym także braku warstwy cyny, na zachowanie tribologiczne. W wyniku testów stwierdzono, że cienka powłoka miedzi bez cyny spowodowała najmniejsze zużycie. Grubsza powłoka miedzi znacznie zwiększała zużycie ze względu na dużą chropowatość próbki z grubą powłoką miedzianą. Znaczne zużycie adhezyjne styków stwierdzono w badaniach mikroskopowych i spektroskopii rentgenowskiej.

Wyniki badań w zakresie problematyki złączy elektrycznych stosowanych w motoryzacji przedstawia artykuł [8]. Usterki systemów elektrycznych obejmują ważną część usterek montażowych pojazdów i silnie wpływają na działanie ich układów. Według autorów prawie 40 procent wad montażowych powodują błędy ludzkie, a znaczną ich część stanowią awarie połączeń elektrycznych. Celem badania opisanego w artykule jest zdefiniowanie, ustalenie priorytetów i walidacja kluczowych czynników wpływających na złożoność procesu implementacji złączy elektrycznych w pojazdach. Zgodnie z wiedzą autorów, jest to jedno z nielicznych badań, które określa czynniki krytyczne dla złożoności procesu połączenia elektrycznego. Długość wiązki przewodów złącza, różnice w szerokości/wysokości/długości złącza, wycucie przez operatora prawidłowego dopasowania złącza zdefiniowano jako czynniki mające największy wpływ na wystąpienie awarii. Otrzymane równanie regresji silnie koreluje z prawdopodobieństwem awarii. Uzyskany model matematyczny może zostać wykorzystany w procesach rozwoju nowych modeli zarówno produktu, jak i montażu złączy. Wyniki badań mogą zostać wykorzystane jako ważny przewodnik po procesie montażu i ergonomii linii montażowej.

Postęp w przewidywaniu wydajności i długoterminowej trwałości złączy elektrycznych w przemyśle motoryzacyjnym przedstawiono w artykule [9]. Przegląd zawiera krótkie wprowadzenie do problematyki styków elektrycznych. Omówiono proces walidacji produktu przed wprowadzeniem złączy na rynek, badania zużycia ściernego - korozyjnego styków i najnowsze modele matematyczne opisujące to zjawisko. Omówiono podejścia do modelowania numerycznego w skali mikro i makro, w tym identyfikację optymalnych testów badawczych pozwalających przewidzieć trwałość złącza elektrycznego. Autorzy w artykule wykazują także problemy i perspektywy w zakresie badań złączy stosowanych w motoryzacji. Rozwój modeli numerycznych umożliwi przewidywanie trwałości złącza samochodowego oraz całej wiązki przewodów pod względem parametrów elektrycznych i mechanicznych. Umożliwia to optymalizację niezawodności pojazdów w tym zakresie.

Do złączy wysoko specjalizowanych zaliczamy na przykład złącza podwodne [10]. Złącza podwodne są bardzo istotnymi i złożonymi elementami sprzętu inżynierii głębinowej, a ich projektowanie i produkcja mają wyraźnie multidyscyplinarny charakter. Złącza te reprezentują najwyższy poziom technologii w tej dziedzinie. W artykule szczegółowo omówiono złącza podwodne, zarówno elektryczne, jak i optyczne. W pierwszej kolejności przedstawiono istotę i charakterystyczne cechy złączy podwodnych, a następnie opisano główne dostępne na rynku produkty dostępne komercyjnie. Opisano podstawy projektowania

złącz przeznaczonych do pracy pod wodą w zależności od parametrów funkcjonalnych. Omówiono aspekty połączeń elektrycznych, optycznych, technologii napełniania olejem pod ciśnieniem, złącz samouszczelniających się, oraz elementów blokujących konstrukcji. Artykuł zawiera także opis kluczowych technologii stosowanych w złączach podwodnych.

W artykule [11] przedstawiono badania, których celem jest zwiększenie niezawodności styku złącza elektrycznego w przemyśle lotniczym. Styki pinowe M i gniazdowe F są kluczowymi częściami złącza elektrycznego jako komponenty elektroniczne w przemyśle lotniczym. Złącza stanowią istotne ogniwo przesyłania sygnału urządzeń elektronicznych, przekazujące sygnał od urządzenia wejściowego do urządzenia końcowego. Niezawodność styków pinowych i gniazdowych ma bezpośredni wpływ na transmisję sygnału. Autorzy przeprowadzili komputerową analizę symulacyjną działania styków, wykorzystując system symulacji opracowany przez PCL Language of MSC. Co więcej, wyniki były eksperymentalnie zweryfikowane, aby osiągnąć cel optymalizacji projektowania styków.

Proces wyboru złączy elektrycznych w zastosowaniu do statków kosmicznych analizowany jest w publikacji [12]. Biorąc pod uwagę dużą ilość i szeroką gamę złączy z powodzeniem stosowanych w zastosowaniach kosmicznych z udziałem ludzi i robotów, liczba awarii operacyjnych jest dość niska. Jednakże, spektakularne awarie wiążące się ze znacznymi kosztami, zakłóconym harmonogramem lotów i bezpieczeństwem. Awarie złączy mogą mieć wpływ na wiele systemów statków kosmicznych. Ponadto występują pewne problemy ze złączami, które się powtarzają, na przykład problemy związane z zanieczyszczeniem. Analiza danych dotyczących awarii pokazuje również, że częstość występowania problemów ze złączem występowanie nie maleje z upływem czasu. Awarie złączy występują w całym ich cyklu życia. Analiza danych przeprowadzona przez autorów sugeruje, że większość problemów ze złączami jest spowodowana takimi czynnikami jak błędy procesu produkcji lub procedury montażu, wadliwy projekt, niewłaściwe zastosowanie lub błąd ludzki. Wybór złącza wpływa na wiele podsystemów takich jak mechanika, elektryka, okablowanie. Uwzględniana musi być także inżynieria systemów, redundancja i wydajność systemu, oraz utrzymanie inżynieryjne, czyli instalacja, konserwacja, ergonomia i niezawodność.

Obszar zagadnień związanych z opracowywaniem, projektowaniem, badaniem oraz implementacją złączy jest więc niezwykle szeroki. W tym artykule przedstawiono koncepcję nowatorskiego rozwiązania złącza wielostykowego, w którym udoskonalono proces łączenia wtyku i gniazda. W pewnych warunkach eksploatacyjnych takich jak zły fizyczny dostęp, czy ekstremalne warunki zewnętrzne, ustawienie odpowiedniej pozycji wtyku w stosunku do połączenia gniazda może być utrudnione lub wymagać czasu. Opracowane złącze pozwala na automatyczną konfigurację położenia gniazda względem wtyku. Wykorzystano tu oddziaływanie magnetyczne.

2. Koncepcja elektrycznego złącza wielostykowego z automatyczną konfiguracją położenia gniazda względem wtyku

Elektryczne złącze wielostykowe stanowi element obwodów elektrycznych, w których występuje przesyłanie wiele sygnałów elektrycznych, umożliwiając fizyczne połączenie lub rozłączenie tych sygnałów. Typowe złącze składa się standardowo z dwóch części, gniazda i wtyku. Gniazdo i wtyk podłączone są bezpośrednio lub za pomocą kabli do obwodów elektrycznych. Fizyczne połączenie gniazda z wtykiem umożliwia przesyłanie sygnałów pomiędzy obwodami.

Powszechnie stosowane są elektryczne złącza wielostykowe, w których w gniazdo i wtyk zbudowane są z korpusów, wewnątrz których znajdują się izolatory z umieszczonymi w nich wieloma przewodzącymi stykami elektrycznymi. Odpowiadające sobie styki gniazda i wtyku są komplementarne, typowo styki gniazda posiadają otwory, a styki wtyku są szpilkami. Szpilki wtyku pasują do otworów gniazda umożliwiając połączenie elektryczne. Styki gniazda i wtyku, nazywane pinami, rozmieszczone są w izolatorach wzajemnie jednoznacznie, tworząc po połączeniu pary umożliwiające przesyłanie sygnałów elektrycznych. W złączach tych połączenie jest możliwe tylko w jednej konfiguracji położenia gniazda względem wtyku, umożliwiającej złączenie odpowiadających sobie pinów. Taką konfigurację uzyskuje się za pomocą odpowiednio dobranych kształtów korpusów lub izolatorów, albo za pomocą odpowiednio dobranego kształtu i rozmieszczenia pinów w izolatorach. Wadą takiego rozwiązania jest konieczność ustawienia właściwego położenia wtyku względem gniazda przed połączeniem.

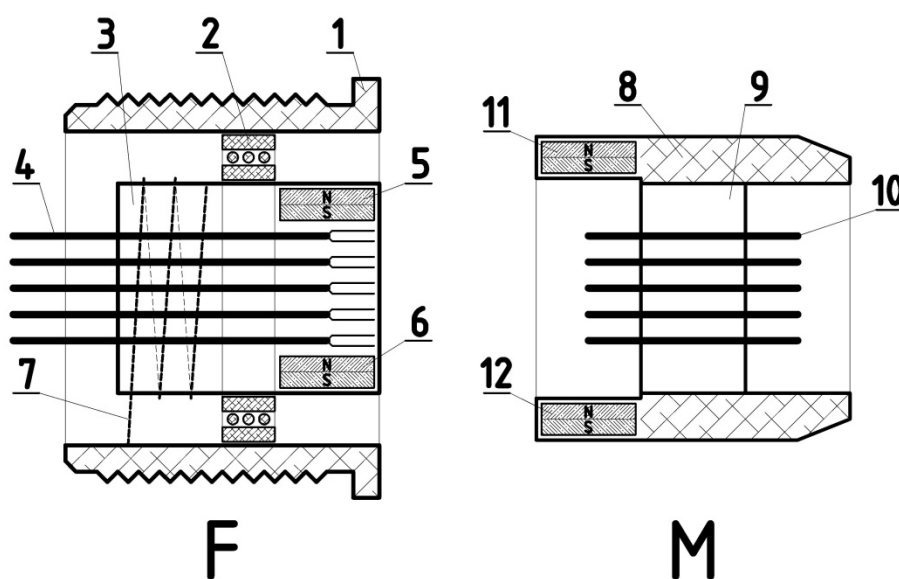
Stosowane są także inne elektryczne złącza wielostykowe, w których gniazdo lub wtyk posiadają styki w formie koncentrycznych pierścieni. Złącza te umożliwiają połączenie odpowiednich styków przy

dowolnym kącie obrotu wtyku względem gniazda. Jednak w tym rozwiązaniu rozmiary złącza ograniczają ilość styków typowo do kilku. Ponadto konstrukcja takiego złącza jest złożona technologicznie.

W wielu zastosowaniach używane są elektryczne złącza wielostykowe, w których wykorzystuje się magnesy do połączenia i rozłączenia złącza. Magnesy te wykorzystywane są do utrzymania po połączeniu wzajemnej pozycji gniazda i wtyku, zamiast typowych łączy mechanicznych.

W pewnych, wybranych zastosowaniach elektrycznych złączy wielostykowych ważna jest możliwość szybkiego i trwałego połączenia gniazda i wtyku przy ekstremalnie trudnych warunkach zewnętrznych lub miejscach trudnodostępnych. Może to występować w zastosowaniach górniczych, energetyki jądrowej czy kosmicznych, a także w laboratoriach naukowych. Również w wielu przypadkach odzież ochronna, w szczególności specjalizowane rękawice, może utrudniać manipulację złączami. Często istotny jest także krótki czas połączenia obwodów, na przykład przy dużej ilości złącz, a także komfort i ergonomia.

Proponowane w tym artykule elektryczne złącze wielostykowe składa się z gniazda i wtyku zbudowanych z korpusów i izolatorów o kształcie walca, z rozmieszczonymi w izolatorach dwoma lub więcej przewodzącymi stykami elektrycznymi tworzącymi po właściwym połączeniu gniazda z wtykiem parę, umożliwiającą przesyłanie sygnałów elektrycznych. Jeden z izolatorów, gniazda lub wtyku, osadzony jest wewnątrz swojego korpusu obrotowo, w odpowiednim łożysku. Drugi izolator połączony jest ze swoim korpusem na stałe. Izolator umieszczony w łożysku, oraz korpus drugiej części złącza, mają wbudowane magnesy stałe, ułożone w pozycji właściwego połączenia złącza w taki sposób, że bieguny magnesów w izolatorze znajdują się naprzeciw biegunów przeciwnych magnesów umieszczonych w korpusie. Zapewnia to po zbliżeniu wtyku i gniazda odpowiednią konfigurację tych elementów przed połączeniem. Możliwe jest więc szybkie, trwałe i jednoznaczne połączenie gniazda i wtyku przy dowolnym wstępnym kącie obrotu wtyku względem gniazda. Podczas łączenia złącza oddziaływanie magnesów gniazda i wtyku wymusza obrót izolatora w łożysku w taki sposób, aby odpowiadające sobie styki połączyły się we właściwej pozycji umożliwiającej przesyłanie odpowiadających sobie sygnałów elektrycznych. Budowę omawianego złącza przedstawia Rysunek 1.



Rys. 1. Budowa elektrycznego złącza wielostykowego z automatyczną konfiguracją położenia gniazda względem wtyku

Złącze składa się z gniazda F oraz wtyku M. Gniazdo F zbudowane jest z mosiężnego korpusu 1 w kształcie wydrążonego walca (tulei), z osadzonym wewnątrz koncentrycznie łożyskiem pierścieniowym 2. W wewnętrznym pierścieniu łożyska umieszczony jest teflonowy izolator 3 w kształcie walca, w którym równoległe do osi walca rozmieszczone są złożone styki przewodzące 4. Styki 4 posiadają z jednej strony otwory do połączenia ze stykami wtyku M. Z drugiej strony styków 4 umocowane są giętke przewody sygnałowe, umożliwiające obrót izolatora 3 w korpusie 1 gniazda F. W izolatorze 3 gniazda F bezpośrednio przy jego płaszczyźnie czołowej od strony wtyku M umieszczone są na pobocznicach izolatora po przeciwnych stronach dwa silne magnesy neodymowe 5 i 6 o kształcie prostopadłościennym. Ponadto izolator 3 połączony jest z korpusem 1 gniazda F za pomocą stalowej, trójzwojowej sprężyny 7, której zadaniem jest

utrzymanie wstępnej pozycji izolatora 3 względem korpusu 1 przed połączeniem złącza, oraz powrót do tej pozycji po rozłączeniu złącza. Wstępna pozycja izolatora 3 to jego początkowe położenie spoczynkowe względem korpusu 1, w którym sprężyna 7 nie oddziałuje na izolator 3 momentem obrotowym.

Wtyk M zbudowany jest z mosiężnego korpusu 8 w kształcie wydrążonego walca (tulei), którego średnica zewnętrzna jest nieznacznie mniejsza od wewnętrznej średnicy korpusu 1 gniazda F, a średnica wewnętrzna jest nieznacznie większa od średnicy izolatora 3 w gnieździe F. W korpusie 8 wtyku M osadzony jest trwale walcowy izolator 9, przylegający ściśle do wewnętrznej powierzchni korpusu 8, w którym rozmieszczone są złożone styki przewodzące 10, w takiej samej konfiguracji jak odpowiadające im styki 4 gniazda F. W korpusie 8 wtyku umieszczone są od strony gniazda, przy płaszczyźnie czołowej, po przeciwnych stronach pobocznicy, dwa silne magnesy neodymowe 11 i 12 o kształcie prostopadłościennym. Tworzą one pary z magnesami gniazda 5 i 6.

W pozycji właściwego połączenia złącza, gdy styki gniazda i wtyku tworzą pary umożliwiające przesyłanie odpowiadających sobie sygnałów elektrycznych, bieguny magnesów w izolatorze 3 znajdują się naprzeciw biegunów przeciwnych magnesów umieszczonych w korpusie 8. W tej pozycji bieguny N i S magnesów 5 i 11 oraz magnesów 6 i 12 znajdują się naprzeciwko siebie, a magnesy przyciągają się z największą siłą. Pozwala to na szybkie, trwałe i jednoznaczne połączenie gniazda i wtyku przy dowolnym wstępnym kącie obrotu wtyku względem gniazda.

4. Podsumowanie

Wyróżniającą cechą charakterystyczną proponowanej koncepcji złącza wielostykowego z automatyczną konfiguracją położenia gniazda względem wtyku jest oryginalna konstrukcja, w której jeden z izolatorów, gniazda lub wtyku, osadzony jest wewnątrz swojego korpusu w łożysku obrotowo, a drugi izolator połączony jest ze swoim korpusem na stałe. Izolator umieszczony w łożysku obrotowo, oraz korpus drugiej części M złącza, mają wbudowane magnesy stałe, odpowiednio ułożone w pozycji połączenia złącza w taki sposób, że bieguny magnesów w izolatorze znajdują się naprzeciw biegunów przeciwnych magnesów umieszczonych w korpusie. Istotny jest również sposób konstrukcji polegający na tym, że magnesy stałe umieszczone są w walcowym izolatorze osadzonym obrotowo w korpusie, a magnesy stałe umieszczone są w korpusie drugiej części złącza M w postaci wydrążonego walca z trwale połączonym izolatorem, przy czym wszystkie magnesy usytuowane są przy płaszczyznach czołowych odpowiednio gniazda F i wtyku M oraz przy pobocznicach odpowiednio izolatora i korpusu.

Potencjalny obszar aplikacyjny tej konstrukcji jest szeroki. Złącze to może znaleźć zastosowanie w wielu dziedzinach takich jak przemysł motoryzacyjny, lotniczy, kosmiczny, a także akcje ratownicze, gaszenie pożarów, eksploracja podwodna, eksploatacja podziemna, przemysł wydobywczy [13,14], a także badania laboratoryjne [15]. Opisana koncepcja i budowa elektrycznego złącza wielostykowego z automatyczną konfiguracją położenia gniazda względem wtyku jest przedmiotem zgłoszenia patentowego [16].

Praca zrealizowana i finansowana w ramach Prac Statutowych 2023 Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk w Krakowie.

Literatura

- [1] Badescu, M., & Mavroidis, C. (2001, July). *Novel smart connector for modular robotics*. In: 2001 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics. Proceedings (Cat. No. 01TH8556) (Vol. 2, pp. 880-887). IEEE.
- [2] Albers, A., Martin, P., & Lorentz, B. (2011). *Modeling and design of contacts in electrical connectors*. In: DS 68-4: Proceedings of the 18th International Conference on Engineering Design (ICED 11), Impacting Society through Engineering Design, Vol. 4: Product and Systems Design, Lyngby/Copenhagen, Denmark, 15.-19.08. 2011.
- [3] Duan, K., Zhu, F., Li, Y., Tang, K., Liu, S., & Chen, Y. (2014, August). *Contact resistance investigation of electrical connector with different shrink range*. In 2014 15th International Conference on Electronic Packaging Technology (pp. 1146-1149). IEEE.
- [4] Kehong, L., Zunqing, Z., & Zaizhong, Z. (2019). *Simulation and experimental study of the influence of temperature stress on the intermittent fault of an electrical connector*. *Experimental Techniques*, 43, 587-597.
- [5] Shi, J., He, Q., & Wang, Z. (2021). *An LSTM-based severity evaluation method for intermittent open faults of an electrical connector under a shock test*. *Measurement*, 173, 108653.

- [6] Ni, J., Han, L., Pan, J., Zheng, J., Shi, Y., Cui, Z., & Cai, J. (2021). *Evolution of contact performance of industry electrical connector based on reliability accelerated testing*. *Advances in Mechanical Engineering*, 13 (2), 1687814021998829.
- [7] Tyrer, N., Yang, F., Barber, G., Pang, B., & Wang, B. (2022). *Tribological Behavior of Electrical Connector Coatings Under Reciprocating Motion*. *Journal of Tribology*, 144 (9), 091401.
- [8] Altinisik, A., & Yildirim, U. (2020). *Failure prediction in electrical connector assembly: a case in automotive assembly process*. *Assembly Automation*, 40 (6), 881-893.
- [9] Kloch, K. T., Kozak, P., & Mlyniec, A. (2021). *A review and perspectives on predicting the performance and durability of electrical contacts in automotive applications*. *Engineering Failure Analysis*, 121, 105143.
- [10] Song, W., & Cui, W. (2021). *An overview of underwater connectors*. *Journal of marine science and engineering*, 9 (8), 813.
- [11] Lv, B., Zhou, S. J., & Zhao, L. Y. (2007). *Technical research on optimization design of contacts of electrical connector*. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*, 8 (3), 506-510.
- [12] Iannello, C., Davis, M. I., Kichak, R. A., & Slenski, G. (2009, October). *Spacecraft electrical connector selection and application processes*. In *SAE AE-8 Subcommittee Meeting* (No. KSC-2009-216).
- [13] Jamróz, P., & Socha, K. (2022). *Monitoring of the rock mass moisture in the crystal caves nature reserve*. *Archives of Mining Sciences*, 729-742.
- [14] Dziurzyński, W., Krawczyk, J., Pałka, T., Krach, A., & Skotniczny, P. (2023). *Methane Hazard during the Closure of Mine Excavations in Liquidated Mine—Numerical Simulation*. *Archives of Mining Sciences*, 525-538.
- [15] Piga, T., Wodziak, W., Sobczyk, J., & Rachalski, A. (2023). *Experimental Stand for Very-Low-Velocity Gas Flow Generation*. *Sensors*, 23 (3), 1569.
- [16] Ligęza P. *Elektryczne złącze wielostykowe*; Zgłoszenie Patentowe P- 443713, UPRP 2023

The concept of an electrical multi-pin connector with automatic configuration of the socket relative to the plug

Abstract

The article presents the concept of an innovative solution for an electrical multi-pin connector, in which the process of connecting a plug and a socket has been improved. Under certain operating conditions, such as poor physical access or extreme external conditions, setting the appropriate plug position in relation to the socket position may be difficult or time-consuming. The developed connector allows automatic configuration of the socket position relative to the plug. Magnetic interaction was used here. This connector can be used in many areas, such as the automotive, aviation, and space industries, as well as rescue operations, firefighting, underwater operation and the mining industry.

Keywords: electrical connector, multi-pin connector, connection automation, reliability, ergonomics