

**Łukasz Cyganik**

**Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice**

## **PROJEKT I BADANIA MECHANICZNE ADAPTERA DIELEKTRYCZNEGO DO KLUCZA NASADOWEGO**

### **THE DESIGN AND MECHANICAL TESTS OF THE DIELECTRIC ADAPTER FOR A SOCKET WRENCH**

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono projekt i wyniki testów mechanicznych adaptera dielektrycznego do klucza nasadowego lub grzechotkowego, który może stanowić dodatkowe zabezpieczenie operatora przed porażeniem prądem elektrycznym przy wykonywaniu prac pod napięciem. Projekt adaptera zakłada wykonanie z pręta szklano-epoksydowego o bardzo dobrych własnościach izolacyjnych i mechanicznych, w którego wnętrzu w uprzednio wykonanych otworach zostaną umieszczone gniazda lub trzpień stalowy pozwalający na zamocowanie do klucza lub nasadki. Na potrzeby badań wykonane zostały 2 sztuki prototypu adaptera dielektrycznego, które poddano testom mechanicznym pod względem przeniesionego momentu obciążenia. Uzyskane wyniki wskazują, że adapter o zadanych wymiarach geometrycznych przenosi moment o wartości maksymalnej 90Nm. Przenoszony moment można jednak zwiększyć poprzez zwiększenie grubości ścianki pręta szklano-epoksydowego. Uzyskane wyniki testów mechanicznych i pomiaru prądu upływu wskazują, że adapter może być zastosowany do prowadzenia typowych prac związanych z obsługą linii elektroenergetycznych lub urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem.

**Abstract:** This article presents the design and results of the mechanical tests of the dielectric adapter for a socket or ratchet wrench, that can provide an additional protection for the operator against the electrical shock when working under voltage. According to the design a dielectric adapter is made from glass-epoxy rod, that have an excellent mechanical and dielectric properties and inside the pre-made holes in the glass-epoxy rod are installed a steel sockets or pivots, that allows for attachment to the wrench or socket. For the purpose of the research, 2 pieces of the dielectric adapter prototype were made and mechanically tested for maximal torque transmission. The obtained results indicate, that maximal torque for the adapter with the given geometrical dimensions is 90Nm. However, the maximal torque can be increased by increasing the wall thickness of the glass-epoxy rod. The obtained results of the mechanical tests and leakage current measurements indicate, that dielectric adapter can be used in the typical maintenance works of the power lines or devices under voltage.

**Słowa kluczowe:** *adapter, dielektryk, klucz nasadowy, klucz grzechotkowy, elektromobilność*

**Keywords:** *adapter, dielectric, socket wrench, ratchet wrench, electromobility*

### **1. Wstęp**

Wykonywanie prac przy liniach elektroenergetycznych lub przy obsłudze urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem (np. przy obsłudze pojazdów elektrycznych, których napięcie baterii pokładowych sięga kilkuset wolt) wiąże się z wysokim ryzykiem porażenia prądem. Pomimo, że do tego typu prac istnieje na rynku szereg specjalistycznych narzędzi izolowanych, izolacyjnych lub hybrydowych [1], to ryzyko porażenia nie jest całkowicie wyeliminowane, zwłaszcza w przypadku gdy wykonywana czynność wymaga użycia kilku narzędzi, które muszą być ze sobą połączone (np. izolowane nasadki z kluczem pneumatycznym). Specjalistyczne narzędzia izolowane do prac pod napięciem w większości posiadają izolację

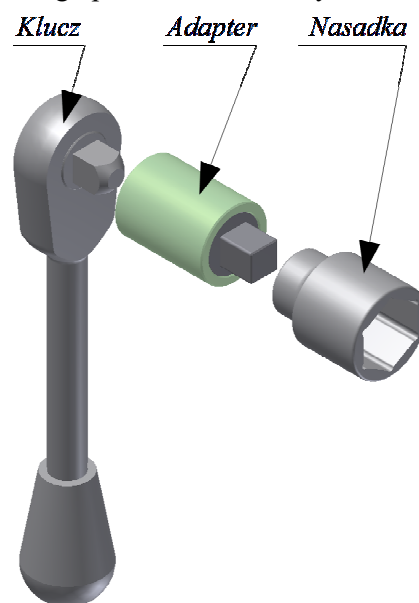
elektryczną na powierzchni zewnętrznej narzędzia oraz metalowy rdzeń, który zapewnia odpowiednie własności mechaniczne. W przypadku łączenia ze sobą kilku narzędzi, z których jedno nie jest izolowane/izolacyjne (np. izolowana nasadka z kluczem pneumatycznym posiadającym metalową obudowę, przy dokręcaniu zacisków do połączeń linii napowietrznych) występuje wysokie ryzyko porażenia operatora prądem płynącym przez rdzeń nasadki do metalowej obudowy klucza. W takich przypadkach konieczne jest zastosowanie dodatkowych zabezpieczeń elektroizolacyjnych eliminujących ryzyko porażenia prądem. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie projektu oraz wyników wstępnych testów mechanicz-

nych adaptera dielektrycznego do klucza nasadowego, mogącego stanowić dodatkowe zabezpieczenie operatora przed porażeniem prądem elektrycznym.

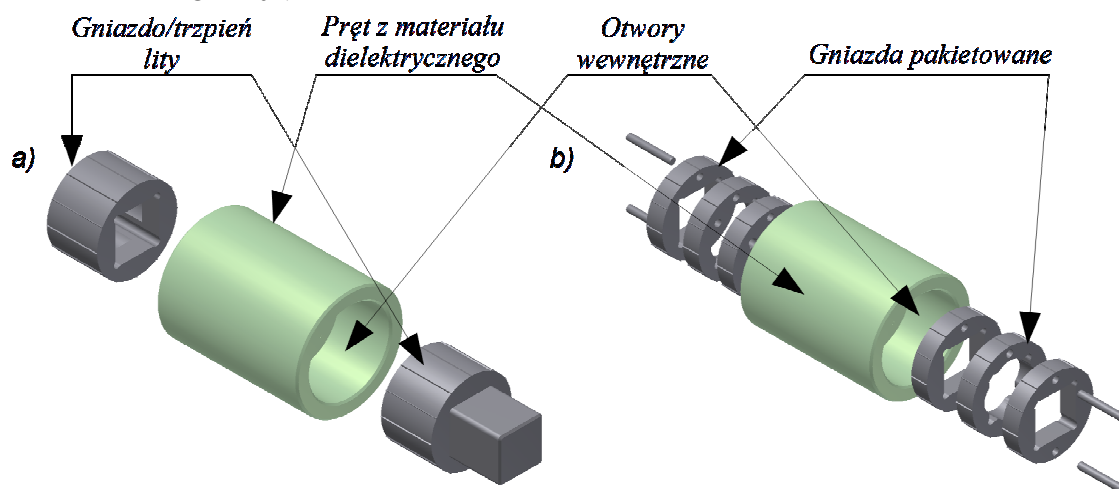
## 2. Projekt adaptera dielektrycznego

Głównymi wytycznymi przy projektowaniu adaptera dielektrycznego do klucza nasadowego były założenia, aby jak sama nazwa wskazuje adapter wykonany był z materiału dielektrycznego, zapewniającego odpowiednie własności elektroizolacyjne oraz charakteryzował się odpowiednią wytrzymałością mechaniczną, pozwalającą na przeniesienie momentu obrotowego umożliwiającą dokręcanie śrub lub zacisków w branży elektroenergetycznej. Ponadto, gniazda adaptera służące połączeniu z kluczem nasadowym lub nasadką powinny być wykonane ze stali, ze względu na zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości zmęczeniowej i odporności na oddziaływanie dynamicznych sił występujących podczas pracy na powierzchniach styku pomiędzy gniazdami adaptera i nasadki/klucza nasadowego. W związku z powyższym, adapter dielektryczny składa się z pręta szklano-epoksydowego o wysokiej wytrzymałości mechanicznej, w którym wytoczono z obu stron otwory pod stalowe gniazda lub trzpień. Gniazda stalowe są wprasowane do otworów w pręcie przy użyciu kleju, a ponadto posiadają specjalne ząbki na powierzchni styku z otworem, które wcinają się w materiał pręta i umożliwiają zwiększenie przenieszonego przez adapter momentu obrotowego (w porównaniu do zastosowania samego kleju).

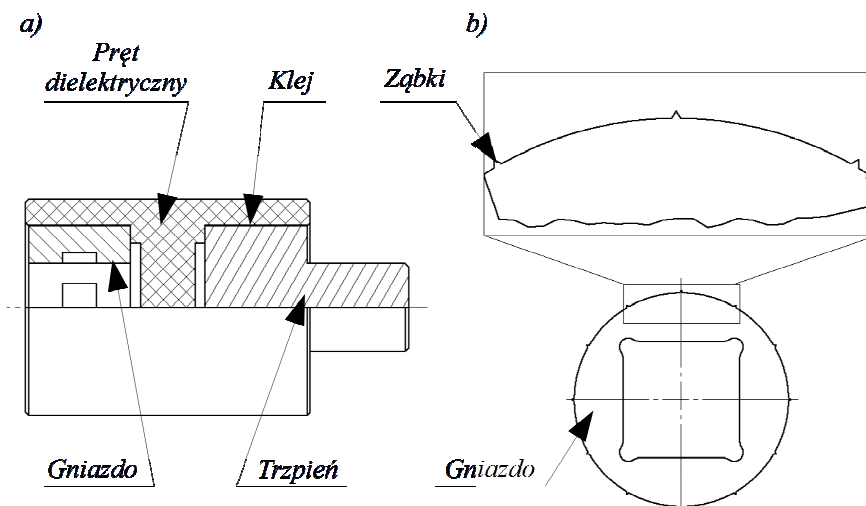
W adapterze mogą być zamocowane zarówno gniazda wklęsłe umożliwiające zamocowanie trzpienia klucza grzechotkowego, lub trzpień umożliwiający zamocowanie nasadki. Ponadto, stalowe gniazda adaptera posiadają wewnątrz wgłębienia na kulkę zabezpieczającą stosowaną w trzpieniach kluczy grzechotkowych. Dla uproszczenia technologii wykonania, gniazdo adaptera może być wykonane z pakietu 3 blach stalowych wycinanych laserem lub wodą i łączonych kołkami ustalającymi. Ideę zastosowania adaptera dielektrycznego przedstawiono na rysunku 1, natomiast konstrukcję adaptera dielektrycznego przedstawiono na rysunkach 2 i 3.



Rys. 1. Idea adaptera dielektrycznego



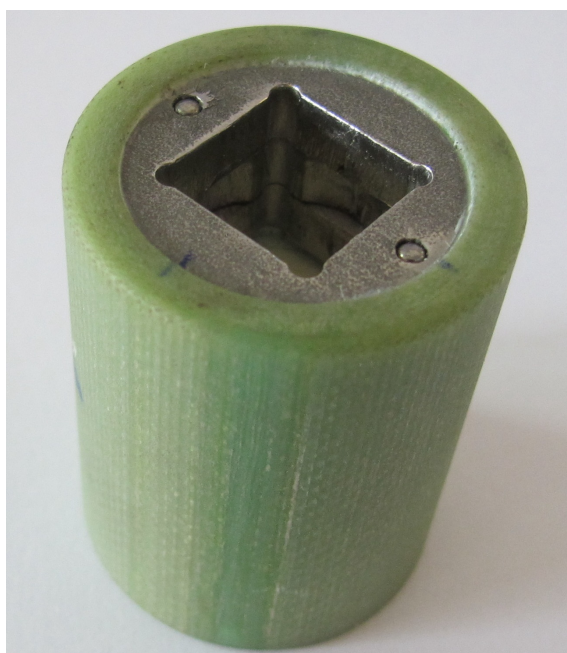
Rys. 2. Widok rozstrzelony adaptera dielektrycznego: a) z gniazdem i trzpieniem litym, b) z gniazdami pakietowanymi z 3 blach stalowych



Rys. 3. Konstrukcja adaptera dielektrycznego: a) widok w półprzekroju, b) widok gniazda adaptera z zaznaczonymi ząbkami

### 3. Badania adaptera dielektrycznego

Adapter dielektryczny z gniazdami pakietowanymi na trzpień 1/2" wykonano fizycznie w ilości 2 szt. (rys. 4) i poddano testom na maksymalny moment obrotowy, jaki adapter jest zdolny przenieść.



Rys. 4. Adapter dielektryczny z pakietowanymi gniazdami na trzpień 1/2"

Adapter wykonano z pręta szklano-epoksydowego o średnicy  $\varnothing 32\text{mm}$  TSE-155 i odporności temperaturowej  $155^{\circ}\text{C}$ , wytrzymałości na rozciąganie  $300\text{ MPa}$  oraz wytrzymałości dielektrycznej  $35\text{kV}/25\text{mm}$  w kierunku równoległym do warstw kompozytu [2,3]. Średnica otworów

pod gniazda w przecie szklano-epoksydowym wynosiła  $\varnothing 24\text{mm}$ , a głębokość  $15,5\text{mm}$ . Grubość warstwy kompozytowej oddzielającej gniazda ze stali nierdzewnej (1.4301) w przecie dielektrycznym adaptera wynosiła  $8\text{mm}$ . Gniazda wprasowano do pręta przy użyciu kleju LOCTITE 9492 A&B. Testy mechaniczne wykonywano poprzez utwierdzenie adaptera (za pośrednictwem kwadratu dwustronnego 1/2" do klucza grzechotkowego) w imadle i obciążenie kluczem dynamometrycznym do osiągnięcia zadanego momentu.

Tabela 1. Wyniki testów mechanicznych obciążania próbek adaptera dielektrycznego momentem

Testy mechaniczne momentu obciążenia (3-krotne obciążenie)		
Moment [Nm]	Próbka 1	Próbka 2
10	✓	✓
20	✓	✓
30	✓	✓
40	✓	✓
50	✓	✓
60	✓	✓
70	✓	✓
80	✓	✓
90	✓	✓
100	X (przy 2-giej próbie pęknięcie pręta szklano-epoksydowego)	próby nie przeprowadzono

Moment zadawano stopniowo, co 10Nm zaczynając od wartości początkowej 10Nm do wartości końcowej 100Nm. Dla każdej wartości zadanego momentu (tj. 10, 20, 30... Nm) próbę obciążenia wykonywano trzykrotnie. Na pręcie szklano-epoksydowym oraz na powierzchni gniazd stalowych naniesiono cienkopisem znaczniki wzajemnego położenia początkowego. Po każdej próbie obciążenia sprawdzano na podstawie obserwacji znaczników czy nastąpiło trwałe przemieszczenie kątowe któregoś z gniazd względem pręta, a także czy nastąpiło ewentualne uszkodzenie samego pręta. Wyniki testów mechanicznych dla każdej próbki przedstawiono w tabeli 1. Ponadto, dla obu próbek adaptera wykonano pomiar prądu upływu, który wynosił 0,02mA przy napięciu 6kV (pomiar wykonany testerem izolacji GPT-9803).

#### 4. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych testów adaptera dielektrycznego wskazują, że jego własności izolacyjne oraz wytrzymałość mechaniczna pozwalają na prowadzenie typowych prac związanych z obsługą linii elektroenergetycznych lub urządzeń elektrycznych znajdujących się pod napięciem. Przenoszony moment dokręcenia uzyskiwany w testach pozwala np. na dokręcanie zacisków przebijających izolację do połączeń linii napowietrznych. Ponadto, wytrzymałość mechaniczną adaptera w łatwy sposób można zwiększyć np. poprzez zwiększenie grubości ścianki pręta szklano-epoksydowego, która przenosi moment dokręcenia.

Adapter dielektryczny jest przedmiotem zgłoszenia patentowego nr P.428420.

#### 5. Literatura

- [1]. Nowikow H., Matusiak G., Włodarczyk M., Nader R., Dudek B., "Analiza porównawcza narzędzi izolowanych i ich hybrydowych odpowiedników stosowanych w technice prac pod napięciem", XII Konferencja „Prace pod napięciem w sieciach NN, SN i WN w Polsce i na Świecie”, Chorzów, 2016.
- [2]. Holtex. Karta techniczna dla kompozytów szklano-epoksydowych.
- [3]. Ravi-Chandar K., Satapathy S., "Mechanical Properties of G-10 Glass-Epoxy Composite", Institute for Advanced Technology, The University of Texas at Austin, Technical Report (Sept. 2005-Sept. 2006).