

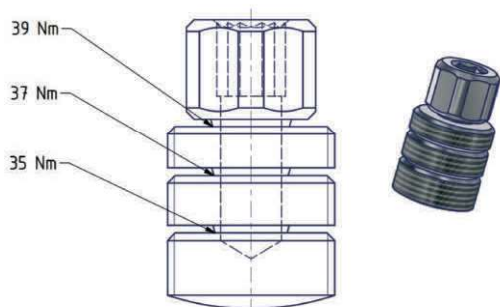
Złączki i końcówki śrubowe typu PIRANIA

Złączki i końcówki śrubowe są stosowane do łączenia kabli elektroenergetycznych miedzianych i aluminiowych średniego i niskiego napięcia klasy 1, 2 oraz klasy 5 pod względem elektrycznym i mechanicznym. Znajdują one zastosowanie, jako osprzęt w budowie, modernizacji jak i naprawie sieci energetycznych.



Fot. 1. Przykład nowej złączki śrubowej firmy ERKO typu PIRANIA.

Złączki, końcówki śrubowe są odmienne od złączek w systemie zaprasowywania i są często wybierane przez instalatorów. Złączki i końcówki te doskonale sprawdziły się, jako alternatywa zaciskanych mechanicznie. Technologia ta posiada niepodważalne zalety, jakimi są: uniwersalność, wysoka, jakość połączenia oraz szybkość i łatwość montażu.



Fot. 2 Przykład śruby obecnego systemu

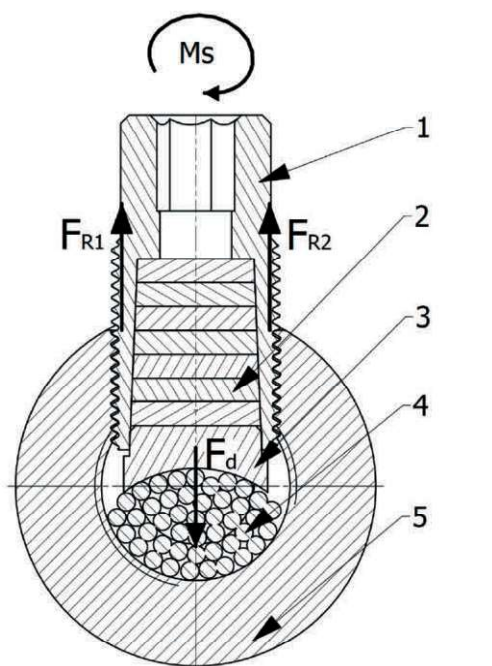
Kończówki i złączki śrubowe cechuje prostota i łatwość montażu, szczególnie w trudno dostępnych miejscach. Do montażu wystarczy, aby monter posiadał klucz imbusowy lub nasadkę i uchwyt uniwersalny do podtrzymywania złączki i końcówki. Obecny stan techniki przedstawia wiele rozwiązań końcówek i złączek śrubowych, nie wiele różniących się korpusami, ale stanowczo różniących się rodzajami śrub, gwintów. Obecne śruby są z miedzi lub aluminium z pokryciem cyny lub bez. Kontrola momentu zerwania jak i wysokości zerwania śruby definiowana jest za pomocą rowków obwodowych wykonanych na rdzeniu śruby, stopniowanie polega na tym, że każdy kolejny rowek w stronę łba śruby ma większy moment zerwania. Jest to niekorzystne, ponieważ największy z przekroi, jaki możemy zastosować w danym typie złączki czy końcówki jest dociskany mniejsza siła niż żyła o najmniejszym przekroju, która ulega większej deformacji i relaksacji poprzez większy docisk. Śruby posiadają gniazda na klucz imbusowy jak i łby sześciokątne.



Fot. 3. Przykład nieprawidłowo zerwanych śrub w złączce.

W niektórych rozwiązaniach po zerwaniu śruby, poprzez gniazdo imbusowe można dokręcić śrubę np. jeżeli zerwie się ponad korpus. W tym przypadku monter może po zerwaniu śruby manipulować dokręceniem lub odkręceniem śruby, co będzie miało negatywny wpływ, na jakość łącza. Jeśli nie ma możliwości dokręcenia takiej śruby za wysoko zerwanej, mon-

ter przed nałożeniem mufy musi opiliwać wystającą śrubę, co również jest niekorzystne, ze względu na zanieczyszczenie łącza opiłkami, które mogą przebić mufę. Takie niekorzystne zjawiska występują ze względu na dużą tolerancję wymiarów średnic żył roboczych kabli. Np. złączki były kiedyś zaprojektowane na żyły RM a teraz żyły wykonywane są, jako zagęszczone, skompresowane RMC. Inne rozwiązania śrub, które zrywane są za pomocą specjalnych kluczy lub za pomocą innych śrub pomocniczych również nie sprostają powyższym niedogodnościom podczas montażu.



1 Korpus śruby rurowej o zmiennej na długości grubości ścianki
2 Krążki nośno półprzewodzące
3 Końcówka śruby
4 Żyła kabla
5 Korpus złączki, końcówki

M_s - Moment skręcający
 F_d - Siła docisku
 F_{R1}, F_{R2} - siły rozciągające

Rys. 1 Schemat działania sił w zespole dociskowym podczas dokręcania śruby

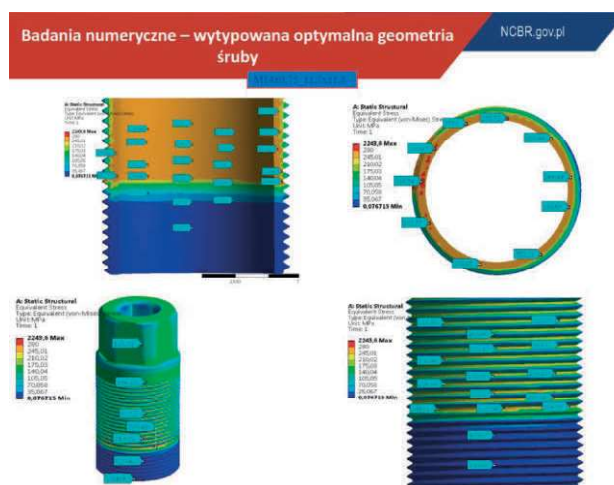
Odpowiadając na coraz większe wymagania rynku, ERKO opracowało i wprowadziło nową generację złączek i końcówek śrubowych typu PIRANIA. Nowa generacja systemu połączeń kabli elektroenergetycznych wyróżnia się od innych metod łączenia kabli przy użyciu złączek typu mechanicznego, specjalną konstrukcją zespołu dociskowego żyły kabla do korpusu złączki, końcówki. Idea systemu polega na tym, że po dokręceniu śruby do żyły kablowej następuje przy odpowiedniej sile docisku zerwanie śruby zawsze na ostatnim od strony korpusu złączki dnie bruzdy gwintu niezależnie od rodzaju żyły. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu śruby rurowej o malejącej po tworzącej stożka grubości ścianki oraz wykorzystaniu generujących się samoczynnie osiowych sił rozciągających śrubę na odcinku pomiędzy korpusem złączki, a łbem śruby. Dzięki odpowiedniej długości gwintu korpusu złączki śruba po zerwaniu jest zawsze zlicowana z jego powierzchnią zewnętrzną. Siły osiowe rozciągające śrubę wywoływane są przy pomocy specjalnych krążków znajdujących się w otworze osiowym śruby (Rys.1).

Nowy system połączeń wykorzystujący innowacyjny zespół dociskowy likwiduje powyższe wady oraz oddala szereg innych niedoskonałości tradycyjnych rozwiązań.

Opisany wyżej system jest innowacyjny na skalę ogólnosiową. W szczególności do innowacyjnych aspektów systemu należą:

- 1) Powtarzalność miejsca zerwania się śruby zawsze (niezależnie od rodzaju i wymiarów żyły) na równo z powierzchnią zewnętrzną korpusu złączki z uwagi na specjalną konstrukcję zespołu dociskającego (stożkowy kształt otworu osiowego śruby, kielichowy kształt zakończenia gwintowanego otworu korpusu złączki, zastosowany rodzaj gwintu i nieobrotowa końcówka śruby eliminująca występowanie sił tarcia na powierzchni śruby-żyły).
- 2) Uniwersalność systemu polegająca na istotnym zmniejszeniu liczby kompletów zestawów złączka-zespół dociskający w porównaniu z rozwiązaniami tradycyjnymi.
- 3) Gwarancja braku uszkodzeń żył kablowych podczas procesu montażu złączki z uwagi na zastosowanie nieobracającej się końcówki śruby o kształcie dedykowanym do kształtu i budowy żyły.
- 4) Wyższa odporność na relaksację sił docisku z uwagi na specjalny kształt końcówki śruby dedykowany do budowy żyły oraz kształt i skok gwintu.
- 5) Ograniczenie wyładowań niezupełnych w złączkach z uwagi na zastosowanie półprzewodzących krążków wypełniających otwór osiowy śruby.
- 6) Powtarzalny z punktu widzenia wymaganej siły docisku system połączeń kabli z uwagi na nieobrotową końcówkę śruby i zmniejszenie poprzez to sił tarcia.
- 7) Możliwość łączenia żył elastycznych klasy 5, dla których brak jest aktualnie osprzętu śrubowego do ich łączenia.

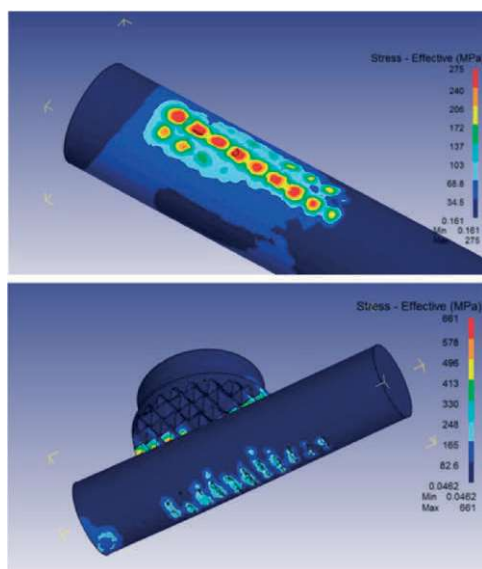
Nowym systemem połączeń dla całego typoszerokości kabli elektroenergetycznych z żyłami miedzianymi i aluminium klasy 1, 2 i 5 w całym zakresie wymiarowym od (10 - 1000) mm² chroniony jest zgłoszeniem patentowym P.416173, P.429945, wzorem użytkowym W.126648, wzorem przemysłowym 007717764.



Fot. 4. Badania numeryczne- optymalizacja geometrii korpusu śruby.

Wszystkie prace związane z wdrożeniem nowego systemu były podzielone na 3 etapy. Etap projektowania modeli 3D. Opracowane projekty wszystkich elementów systemu połączeń, w pełnym projektowanym asortymencie, przeniesione zostały do środowiska 3D (Autodesk Inventor), gdzie zostały również zoptymalizowane pod kątem analizy numerycznej i następnie zaimportowane do programu obliczeniowego.

Zostały wykonane symulacje obejmujących zarówno sprężyste (ANSYS) jak i sprężysto-plastyczne (Deform 2D/3D) odkształcenia poszczególnych modeli numerycznych, co pozwoliło na kompleksową analizę wyężenia każdego z elementów składowych systemu i jednocześnie odwzorować odkształcenie żył kabla podczas rzeczywistego wykonywania procesu połączenia. Prace te zostały wykonane przez Zespół Projektowy z Akademii Górniczo Hutniczej w Krakowie.



Fot. 5. Mapy naprężeń.

Kolejne etapy prac zostały podzielone na trzy instytucje:

- ERKO: nagrzewanie w cyklach prądowych systemów połączeń dla powstałych prototypów, pomiar rezystancji przejścia układów połączeń, badanie własności wytrzymałościowych gwintów.

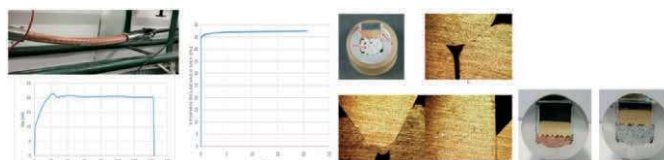


Fot. 6. a) pomiar rezystancji

b) test poprawności zerwania

c) badania wytrzymałości

- AGH: ocena nowego systemu z punktu widzenia własności mechanicznych, jakości wewnętrznej i powierzchniowej oraz odporności reologicznej

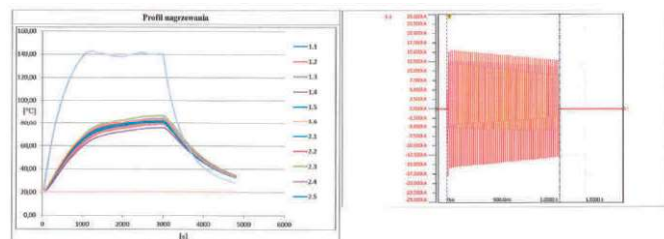


Fot. 7. a) badania mechaniczne

b) relaksacja naprężeń

c) badania strukturalne

- IEN: ocena nowego systemu z punktu widzenia własności elektrycznych systemu połączeń kabli wg PN-EN 61238-1:2004.



Fot. 7a) Profil nagrzewania

b) Rejestracje próby wytrzymałości zwarciowej

W ostatnim etapie prac zostały przeprowadzone badania własności końcówek prowadzone głównie w warunkach firmy ERKO na przystosowanej do tego celu specjalistycznej aparaturze pomiarowej. Wybrane partie produkcyjne podlegały badaniom weryfikującym, realizowanym w formule podzlecenia na AGH i IEN, które to instytucje dodatkowo prowadziły doradztwo technologiczne i weryfikowały doświadczalnie końcową technologię wytwarzania nowego typu systemu połączeń kabli w warunkach rzeczywistych.

Dzięki powyższym etapom prac i badań powstała gama złączek i końcówek PIRANIA. Innowacyjny system połączeń kabli elektroenergetycznych klasy 1, 2 i 5 Cu i Al.

Złączki i końcówki posiadają Certyfikaty Instytutu Energetyki w Warszawie i są zgodne z normami:

Złączki ZSNP do 1kV IEC 61238-1-1:2018 (ed. 1.0) class A1, PN-EN 61238-1:2004

Kończówki KSNP do 6 kV PN-EN IEC 61238-1-3: 2020-1 klasa A, IEC 61238-1-1:2018 (ed. 1.0) class A1

Złączki ZSSP do 36 kV, PN-EN IEC 61238-1-3: 2020-1 klasa A1, IEC 61238-1-1:2018 (ed. 1.0) class A1

Kończówki KSSP do 36 kV PN-EN IEC 61238-1-3: 2020-1 klasa A1, IEC 61238-1-1:2018 (ed. 1.0) class A1