

REFERAT KONFERENCYJNY

XXXI KONFERENCJA

SZKOLENIOWO-TECHNICZNA
ELEKTROENERGETYCZNE SIECI
KABLOWE I NAPOWIETRZNE

KABEL
2026 ▲

10 – 13 marca 2026 r.

Świeradów-Zdrój Elements Hotel & Spa ****

Autor: Dariusz Dudek

Firma: PFISTERER Sp. z o.o., Płochocin

KABEL
2026 ▲

Tytuł: *Głowice konektorowe – zastosowania
w rozdzielniach GIS, transformatorach,
liniach tymczasowych i innych aplikacjach*



CENTRUM SZKOLENIOWO-KONFERENCYJNE
"ENERGETYK" S.C.

20-867 Lublin, ul. Sudecka 73

✉ biuro@energetyk.lublin.pl

🌐 www.energetyk.lublin.pl

Historia rozwoju głowic kablowych, będąc jako produkt komplementarny, jest bardzo podobna do historii rozwoju kabli SN i sięga początku XX wieku. Pierwsze głowice kablowe to rozwiązania napowietrzne z izolacją porcelanową i zastosowaniem różnorodnych wypełniaczy bitumicznych i papieru. Wraz z rozwojem technologii kablowej i w momencie powstawania pierwszych kabli XLPE czyli w latach 1960-1970 pojawiają się pierwsze rozdzielnie wewnętrzne gdzie przyłączane kable potrzebują nowych rozwiązań o wyższym stopniu bezpieczeństwa i redukcji gabarytów. Powstają pierwsze rozwiązania konektorowe w oparciu o materiały polimerowe (głównie EPDM) do zastosowań w rozdzielniach o izolacji powietrznej. W kolejnych latach pojawiają się na rynku różne odmiany silikonów, które zaczynają być aplikowane w różnych produktach stosowanych w branży elektrotechnicznej.

Równolegle do rozwoju technologii kablowej w latach sześćdziesiątych, dynamicznie rozwija się rynek rozdzielni, a firma Westinghouse pracuje nad wykorzystaniem gazu SF₆, jako medium izolacyjnego, które pozwala znacznie zmniejszyć gabaryty rozdzielni. W połączeniu z możliwościami kablowymi, tym miejscu pojawia się zapotrzebowanie na zminiaturyzowane głowice kablowe umożliwiające podłączenie kabli ww. rozdzielni.

Od tego momentu rozpoczyna się praca nad różnymi konstrukcjami głowic kablowych, których celem ma być minimalizacja gabarytów rozdzielni. Wyraźnie zarysowuje się podział konstrukcji na poziomie Um 42kV. Dla poziomów napięć do Um 42kV stosowane są rozwiązania hybrydowe głowic „prostych” i elementów umożliwiających wprowadzenie do rozdzielni za pomocą izolatorów przepustowych pod kątem 90°. Konieczność utrzymania pionowości podejścia kabla wiąże się z problemami odpowiednich uszczelnień dla zastosowanego oleju, jako medium izolacyjnego głowic i kabli (Rys.1). Ze względów technologicznych, w zależności od przekrojów kabli, stosowane są dwa rozwiązania; kątowe i proste, wprowadzające kable z kanałów bezpośrednio do przedziałów rozdzielni.



Rys.1 Głowice kablowe na kabel olejowy

Sytuację znacznie zmienia rozwój technologiczny polimerów (LDPE 1933r., HDPE 1953) i pojawienie się w latach sześćdziesiątych kabli HDPE a później XLPE, co przy wykorzystaniu tego materiału izolacyjnego umożliwia produkcję kabli tzw. „suchych”. Zmienia to także sytuację dla osprzętu kablowego i zaczynają powstawać konstrukcje głowic na takie kable. Brak konieczności zastosowania oleju zmienia koncepcję rozwiązań przyłączeniowych rozdzielni rys. 2.



Rys.2 Głowice kablowe polimerowe rozdzielni powietrznej



Rys.3 Głowice kablowe polimerowe wpięte na izolatory przepustowe rozdzielni SN

Następnym etapem w rozwoju głowic dedykowanych do rozdzielni, jest doposażenie typowych głowic „prostych” rys. 3 w adaptery dopasowane do przepustów rozdzielni co w efekcie umożliwi „wyizolowanie” podejścia kablowego rys. 4.



Rys.4 Kątowe głowice kablowe SN, przed instalacją na przepustach rozdzielni

Od poziomu napięcia powyżej 60kV rozwiązaniem dominującym w głowicach kablowych jest układ prosty. **Konieczność zapewnienia właściwego sterowania pola elektrycznego oraz znacznie większe przekroje kabli w porównaniu do niższych napięć, ze względów mechanicznych eliminują zastosowanie głowic w układzie kątowym.** Podejmowane są różne próby tworzenia osprzętu kablowego w układzie kątowym, jednak takie rozwiązanie traci główne atuty; niezawodność i mały gabaryt.

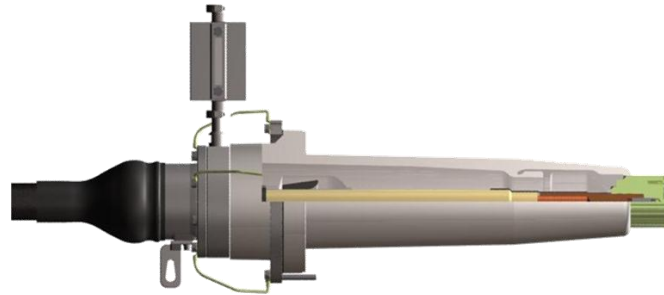
W rozwiązaniach WN na ten moment dominuje rozwiązanie, gdzie głowice kablowe osadzone na kablu wprowadzane są bezpośrednio do rozdzielni.

Pierwsze rozwiązania głowic konektorowych umożliwiające wprowadzenie kabli WN do rozdzielni GIS były wykonane jako rozwiązania „nierozłączalne”. Głowica była montowana na kablu a następnie wprowadzona do przedziału kablowego w rozdzielni GIS i tam zainstalowana na stałe. Takie rozwiązanie nazywane jest „zintegrowanym” a w niektórych krajach, szczególnie na Bliskim Wschodzie, jako rozwiązanie „standardowe”. Rozwiązanie konektorowe oprócz rozdzielni GIS znalazło także zastosowanie w transformatorach (rys. 5).



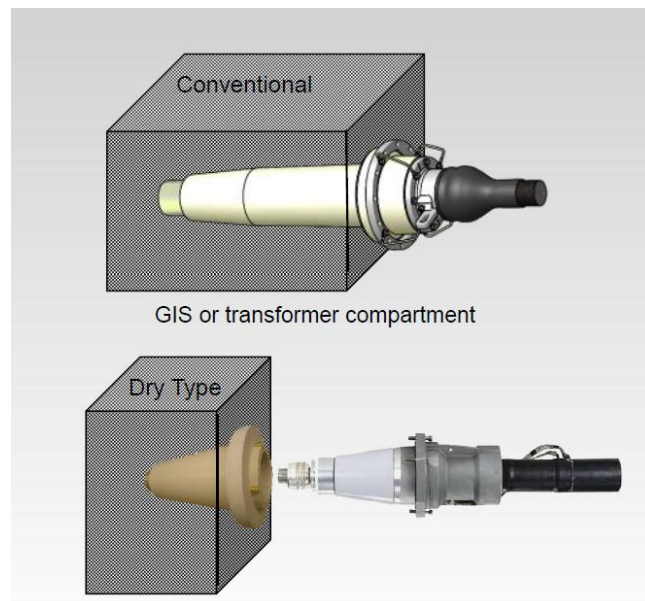
Rys.5 Wizualizacja głowicy kablowej tzw. „zintegrowanej”, z lewej do GIS, z prawej do transformatora

Pomimo instalowania głowic na kablach XLPE „suchych”, to jako medium izolacyjne w takich głowicach stosuje się olej. Zastosowanie oleju, dla wariantów głowic wprowadzonych poziomo, wiąże się z koniecznością instalacji specyficznych układów wyrównawczych dla oleju (rys. 6).



Rys.6 Głowica kablowa tzw. „zintegrowana”, ze zbiornikiem wyrównawczym

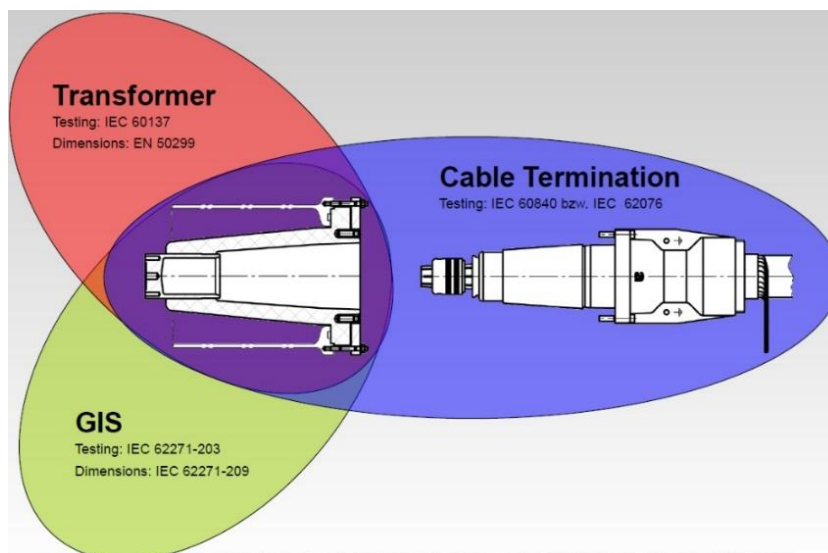
Dynamiczny rozwój rynku kablowego WN w technologii XLPE w latach osiemdziesiątych, oraz rynku rozdzielni izolowanych gazem SF6 wymusza na producentach konieczność modyfikacji systemu głowic stosowanych w rozdzielniach GIS. Powstaje idea głowic konektorowych tzw. „suchych” lub inaczej „plug in”, które w odróżnieniu od dotychczasowych, mają możliwość pracy w dowolnych pozycjach, mogą być rozłączane bez konieczności spuszczenia gazu w rozdzielni, czy oleju w transformatorach. System składa się z dwóch części; gniazda zainstalowanego w rozdzielni lub transformatorze, oraz głowicy kablowej zainstalowanej na kablu.



Rys.7 Głowice konektorowe; „zintegrowana” i „sucha” („Plug in”)

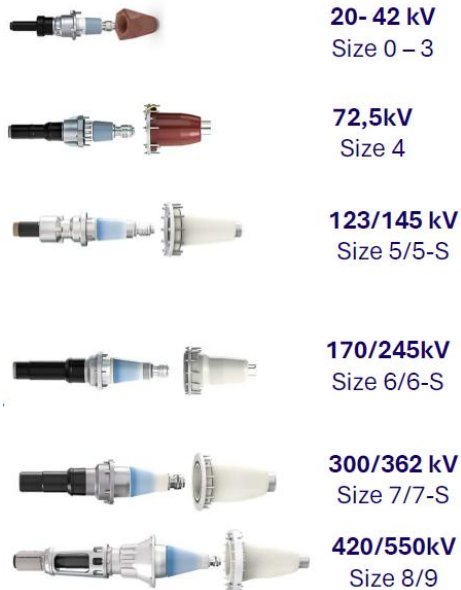
Z perspektywy dokumentów normatywnych należy pamiętać, taki system musi spełniać wymogi norm dla różnych urządzeń. Elementem wspólnym jest tutaj gniazdo, które musi spełniać normę „kablową” (np. IEC 60840, 62076), normę transformatorową (np. 60137), oraz normę opisującą wymogi dla rozdzielni (np. IEC 62271- xxx).

Przewaga takiego rozwiązania polega, przede wszystkim na uniwersalności w stosowaniu głowic kablowych w transformatorach, lub rozdzielniach GIS. Stosując odpowiedni „rozmiar”/typ gniazda mamy pewność, że głowica o tym samym rozmiarze zainstalowana na kablu będzie pasować niezależnie od urządzenia do którego jest wpinana. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest możliwość dostaw niezależnych urządzeń, które mogą być instalowane na różnych etapach budowy.



Rys.8 Normy obowiązujące dla systemu głowic konektorowych typu „plug in”

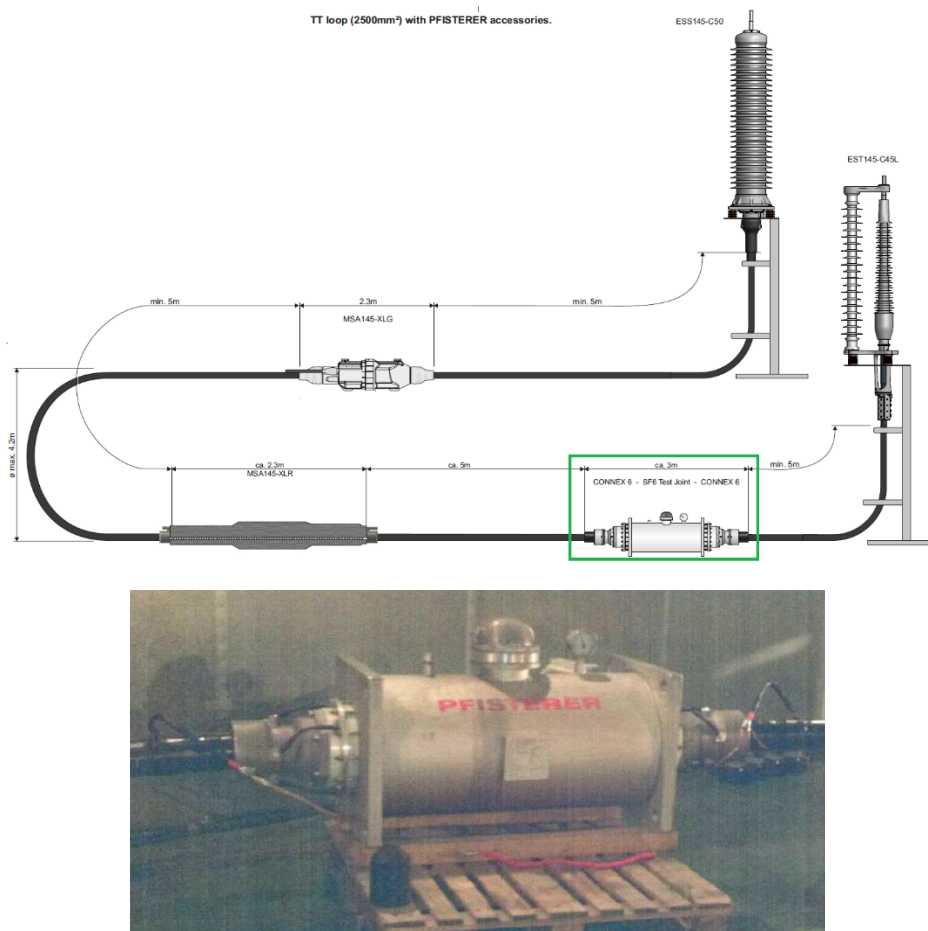
Z biegiem czasu technologia głowic konektorowych mocno się rozwinęła, a obecnie rozwiązania są spotykane na każdym poziomie napięć w technologii AC i DC.



Rys.9 System CONNEX – typoszereg z podziałem na napięcia w systemie AC

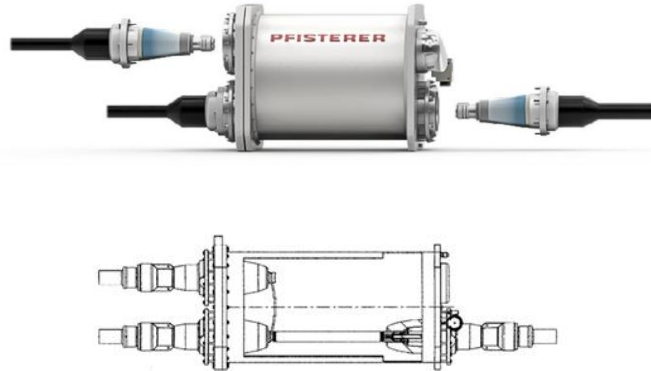
Z biegiem czasu portfolio głowic konektorowych znacznie się poszerzyło, ze szczególnym uwzględnieniem nowych aplikacji kablowych. Początkowo producenci, dla technologii konektorowej koncentrowali się wyłącznie na aplikacjach, gdzie głowice były instalowane w rozdzielniach GIS i transformatorach, ale rynek wymusił konieczność posiadania także akcesoriów komplementarnych do systemu konektorowego.

Pierwszym elementem komplementarnym były mufy przelotowe w izolacji SF6, stosowane głównie w próbach typu systemów kablowych lub badaniach linii kablowych wyposażonych w głowice konektorowe.



Rys.10 Mufa SF6 Connex podczas próby typu systemu kablowego

Na bazie mufy gazowej stworzono wariant z trzema gniazdami, dający możliwość zastosowania takiej mufy jako przelotowej czy rozgałęźnej. W przypadku zastosowania przelotowego, niewykorzystane gniazdo zaślepienie jest zaślepką.



Rys.11 Przekrój poprzeczny mufy rozgałęźnej CONNEX

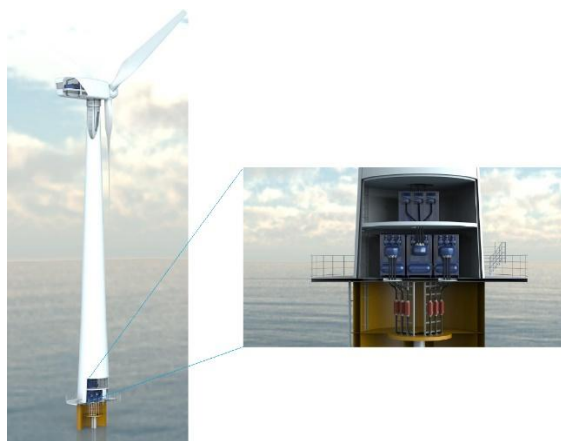
Pierwotnie, rozwiązanie z wykorzystaniem gazu SF6 było wykonane w obudowie ze stali nierdzewnej jednak ze względu na sporą wagę takiej obudowy poszukiwano alternatywnego materiału obudowy. Aktualnie mufy są produkowane w obudowach aluminiowych co pozwoliło uzyskać wagę ok. 100 kg dla rozmiaru 4 (72,5kV) aż do ok. 800kg dla rozmiaru 9 (550kV).

Z biegiem czasu portfolio muf kablowych poszerzyło się o wykonania w oparciu o żywice epoksydowe co pozwoliło znacznie ograniczyć gabaryty i wagi. Takie warianty muf znalazły zastosowanie w rozwiązaniach linii mobilnych, gdzie szybkość montażu i waga jest jednym z najważniejszych kryteriów. Dla takich rozwiązań, dość często stosowane są kable w izolacji gumy HEPR (Hard Ethylene Propylene Rubber), które charakteryzują się bardzo małym promieniem gięcia do $5 \times \varnothing$ kabla. Zainstalowanie na takich kablach głowice konektorowe, mające kompaktowe gabaryty, a promienie gięcia kabli pozwalają zmieścić dość dużą ilość kabla na bębnie i budować kaskadowo mobilne linie kablowe, bez limitu długości.



Rys.12 System mobilnej linii kablowej z wykorzystaniem muf epoksydowych CONNEX 6 170kV

Mufy epoksydowe znalazły także zastosowanie w morskich stacjach transformatorowych i turbinach, gdzie odpowiadają za łączenie kabli o różnych konstrukcjach czy przekrojach, pozwalają na etapowanie prac montażowych turbin i stacji, umożliwiają przeprowadzenie badań linii kablowej na odpowiednim etapie budowy farmy morskiej. Jednym z przykładów gdzie zastosowanie ww. muf ma pozytywne przełożenie na przyspieszenie procesu realizacji projektu „offshore” może być sytuacja, gdzie system CONNEX daje możliwość wykonania prób napięciowych stacji w doku stoczni gdzie taka stacja powstaje.



Rys.13 Mufy systemu SEANEX w turbinie morskiej



Rys.14 Mufy systemu CONNEX na morskiej stacji transformatorowej

Kolejnym elementem komplementarnym, poszerzającym rodzinę rozwiązań opartych na technologii konektorowej jaki został wprowadzony na rynek, to hybrydowa głowica tzw. „Plugable bushing” (rys. 15). Produkt ten to połączenie głowicy konektorowej z głowicą napowietrzną, umożliwiającą przyłączenie urządzeń wyposażonych w gniazda do systemu napowietrznego. Produkt ten jest szczególnie ważny w realizacji np. mobilnych stacji transformatorowych, tymczasowych linii kablowych, podłączeniach transformatorów wyposażonych w gniazda systemu konektorowego. Możliwość wielokrotnego montażu i demontażu, szybkość instalacji w urządzeniu, czy tymczasowej linii kablowej pozwala na minimalizację czasu wyłączeń linii.



Rys.15 Głowica hybrydowa CONNEX „Plugable bushing”

Aktualnie głowice hybrydowe CONNEX „Plugable bushing” są oferowane w dwóch technologiach wykonania części napowietrznej; RIP (Resin Impregnated Paper) i RIS (Resin Impregnated Synthetic) a poziom napięciowy sięga Um 245kV.

W przypadku transformatora wyposażonego w dwa gniazda na fazę, taki transformator ma możliwość zastosowania go niezależnie od aplikacji. Cecha ta, jest szczególnie pomocna w tzw. rotowaniu jednostkami transformatorowymi pomiędzy różnymi stacjami gdzie występują kable, lub gdzie wymagane jest wykonanie przyłącza napowietrznie. W przypadku gdy dana jednostka jest zasilana kablem w drugim gnieździe można osadzić ogranicznik przepięć.



Rys.16 Transformator mocy wyposażony w gniazda systemu konektorowego po stronie pierwotnej, podłączony z lewej kablowo, z prawej napowietrznie przez głowicę hybrydową „Plugable bushing”

Dla zastosowań transformatorowych, czy GIS z przyłączami kablowymi, gdzie wymagane jest zapewnienie właściwej ochrony przepięciowej rozwiązaniem jest ogranicznik przepięć z wtykiem konektorowym. Aktualnie rozwiązanie jest dostępne do poziomu napięcia Um 170kV a zastosowane warystory pozwalają na uzyskanie czwartej klasy rozładowania.



Rys. 17 Ogranicznik przepięć systemu CONNEX 6 (do 170kV)

Także w tym przypadku, jednostka posiadająca dwa gniazda na fazę, może być podłączona kablowo i wówczas ogranicznik przepięć będzie wpięty w drugie gniazdo lub w przypadku konieczności zasilenia takiego transformatora z linii napowietrznej stosuje się głowice hybrydowe a w wolne gniazda można zaślepić. W takim rozwiązaniu ochronę przeciwprzepięciową zapewnić może typowy napowietrzny ogranicznik przepięć.



Rys.18 Warianty podłączenia transformatora; z lewej kablowe wraz z ogranicznikiem przepięć, z prawej napowietrznie

Kolejnym z ciekawych zastosowań rozwiązań konektorowych, muf i głowic, może być przykład mufy naprawczej dla morskich kabli eksportowych, gdzie zastosowano system głowic konektorowych i muf epoksydowych CONNEX 6. W specjalnej obudowie

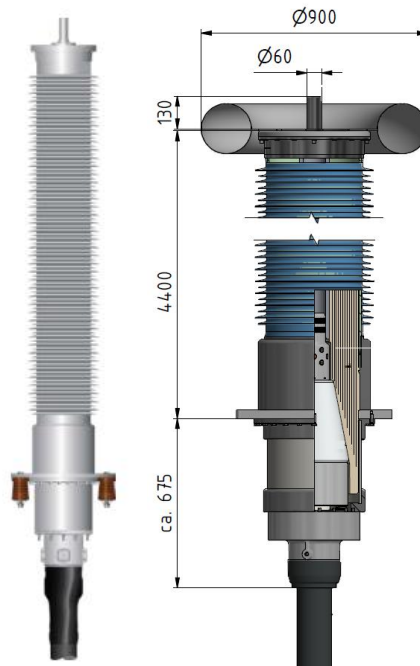
mufy wyprodukowanej w firmie Power CSL (Grupa Pfisterer) umieszczono 3 mufy epoksydowe EP CONNEX 6. W przypadku awarii kabla morskiego, na istniejącym kablu zostaną wykonane głowice CONNEX 6, następnie wpięte do muf EP CONNEX 6, będące w w.w. obudowie, ponadto na „wstawce” kabla, lub „zapasie”, zostanie wykonana analogiczna operacja. Klient dla którego zostało przygotowane rozwiązanie posiada kilkanaście fam morskich z różnymi typami kabli, a to rozwiązanie pozwala na unifikację wariantów jakie należałoby posiadać, aby usunąć potencjalną awarię.



Rys.19 Obudowa mufy naprawczej dla kabli morskich

Patrząc na rozwój systemów kablowych zdecydowanie można potwierdzić, iż rozwiązania „konektorowe” będą odgrywać coraz większą rolę w przyszłych projektach kablowych. Zakres zastosowań rozwiązań konektorowych stale się poszerza i wchodzi w obszary dotychczasowych rozwiązań standardowych. Na szczególną uwagę zasługują pojawiające się nowe na rynku rozwiązania w zakresie głowic napowietrznych. Te rozwiązania to hybrydy, polegające na zastosowaniu technologii konektorowej i napowietrznej. Są to rozwiązanie alternatywne do dotychczasowych rozwiązań w głowicach napowietrznych, gdzie medium izolacyjnym był olej, są głowice „hybrydowe”; gniazdo i część napowietrzna.

W.w. rozwiązanie polega na tym, iż na kablu montowana jest głowica konektorowa, która następnie wprowadzana jest do gniazda będącego integralną częścią napowietrznej głowicy z izolatorem. Aktualnie możliwości tego systemu w wersji komercyjnej są dostępne do poziomu napięcia Um245, jednak pojawiają się już pierwsze prototypy na napięcia do Um 420kV.



Rys.20 Głowice hybrydowe „suche”; z lewej KFEV 245, z prawej FRD 1.420-11

Podsumowanie

Kierunkiem jaki wybrali wiodący producenci osprzętu kablowego, jest maksymalizacja unifikacji konstrukcji i eliminowanie rozwiązań opartych na oleju. W tej misji wielką rolę gra technologia konektorowa. Aktualnie we wszystkich typach akcesoriów widać silny trend w kierunku takich rozwiązań w tzw. technologii suchej, gdzie połączenia konektorowe są bazą „know-how”. Biorąc pod uwagę różnorodność dostępnych rozwiązań w technologii konektorowej na poziome WN, wydaje się zasadnym kontynuowanie dyskusji dotyczącej standaryzacji w normatywach, tak aby w przyszłości obowiązywał jeden określony standard gniazd dla konektorowego osprzętu kablowego WN, do których poszczególni producenci będą oferowali akcesoria. Z dzisiejszej perspektywy, patrząc na całkowite koszty takiej unifikacji wydaje się to bardzo mało prawdopodobne.

Dariusz Dudek

Dyrektor Handlowy PFISTERER sp. z o.o.