

DEMENTI - przewody ACCC®

Każdy inżynier praktyk, zajmujący się tematyką linii napowietrznych, po zapoznaniu się z technologią przewodów ACCC® potwierdzi, że jeżeli chodzi o parametry użytkowe, przewód ACCC® nie ma sobie równych i pozostawia w tyle wszystkie inne technologie:

- zwis dużo mniejszy od wszystkich innych przewodów i prawie niezmienny w bardzo dużym zakresie temperatur,
- straty znacznie mniejsze od strat we wszystkich innych przewodach,
- wytrzymałość na rozciąganie znacznie większa niż we wszystkich innych przewodach,
- wymagana liczba konstrukcji wsporczych znacznie mniejsza niż dla wszystkich innych technologii itd.

Biorąc pod uwagę wyżej wymienione oraz pozostałe zalety przewodów i korzyści jakie mogą odnieść wszystkie zainteresowane strony, a przede wszystkim firmy zajmujące się przesyłem i dystrybucją energii oraz nasze środowisko naturalne, można stwierdzić, że przewody ACCC® zapewniają najbardziej efektywny sposób przesyłania energii napowietrznymi liniami wysokiego napięcia i rzetelnie analizując wszystkie opcje nie można ich nie wziąć pod uwagę zarówno przy budowie nowych linii jak również przy modernizacji istniejących.

Ze względu na energetyczną efektywność inwestycji związanej ze zwiększaniem obciążalności linii, powinno się używać przewodów o maksymalnym możliwym do zastosowania polu przekroju aluminium, przy zachowaniu takiej samej jak w wymienianym przewodzie średnicy. Pozwala to zminimalizować straty, które w wysokich temperaturach pracy linii są bardzo duże. Dlatego podwyższając obciążalność linii powinno się znaleźć optymalną technologię, która przy znacznym podwyższeniu obciążalności prądowej generuje najmniejsze straty. Taką technologią są przewody ACCC®, które zapewniają najwyższą obciążalność prądową przy założeniu niepodwyższania konstrukcji wsporczych, a jednocześnie ze wszystkich przewodów o małym zwisie przewody ACCC® generują najmniejsze straty pracując w podwyższonej temperaturze (o 15–30% niższe od innych przewodów HTLS). Pracując przy takim samym obciążeniu jak wymieniany przewód AFL przewody ACCC® pracują w niższej od AFL temperaturze i ograniczają straty o 25–30% (sic!) w stosunku do strat występujących w linii z przewodem AFL (zgodnie ze wzorem I^2R , przy takim samym prądzie o stratach decyduje rezystancja).

Przewody ACCC®, a szczególnie ich rdzeń zostały gruntownie przebadane przez wiele niezależnych ośrodków naukowo-badawczych, rezultaty tych badań są pozytywne. ACCC® pracują prawie na wszystkich kontynentach często w ekstremalnych warunkach terenowych i klimatycznych. Dzięki ich nie mającym sobie równych właściwościom technicznym, rynek przekonał się do tej nowoczesnej technologii oferującej niezrównaną efektywność przesyłu energii. Świadczy o tym ponad 10 000 km zakupionych w ostatnim 5-leciu przewodów ACCC® na ok. 120 000 km zainstalowanych do tej pory od początku lat 70-tych wszystkich rodzajów przewodów HTLS oraz szybko przyrastająca liczba składanych nowych zamówień. Oprócz Polski przewody ACCC® pracują już m.in. w: USA, Belgii, Wielkiej Brytanii, RFN, Portugalii, Hiszpanii, Chinach, Meksyku, Brazylii, Chile, Indonezji itd., a w kilku innych krajach niedługo zaczną pracować.

Pojawienie się na polskim rynku niskostratnego przewodu ACCC® o małym zwisie idealnie współgra z zamierzeniami rządu polskiego i potrzebami polskiej elektroenergetyki zawodowej.

Niestety, ze względu na toczącą się kampanię dezinformacji, która ma na celu przykrycie rzeczywistych zalet tej technologii i jej znacznej przewagi technicznej nad innymi dostępnymi obecnie na rynku rozwiązaniami, jesteśmy zmuszeni do tak szczegółowego wyjaśniania nieprawd i półprawd, które pojawiają się na rynku.

W treści niektórych pisanych i wygłaszanych referatów na temat przewodów HTLS daje się zauważyć nierzetelne, nieprawdziwe lub nie do końca prawdziwe stwierdzenia. Niektóre z nich komentujemy i wyjaśniamy poniżej.

Przykładem jest stwierdzenie:

"...rdzeń kompozytowy przewodów ACCC[®] jest bardzo wrażliwy na mikrouszkodzenia w czasie transportu i zawieszania na słupach linii (kłopoty z linią Kozienice-Mory)" [13]

Chociaż stwierdzenie „wrażliwy na mikrouszkodzenia” może mieć wiele znaczeń, w Nauce o kompozytach, w kontekście kompozytów ma ono jedno znaczenie: mikrouszkodzenia = mikropęknięcia (ang. microcracking), a w kompozycie przewodu ACCC[®] z włókien węglowych i bezborowych włókien szklanych, w osnowie ze specjalnie modyfikowanej żywicy epoksydowej odpornej na wysokie temperatury, mikropęknięcia (ang. microcracking), które ewentualnie mogłyby doprowadzić do jego katastrofalnego uszkodzenia (ang. brittle fracture), nie występują. Żadne badania naukowe tego nie potwierdzają. Być może pomylił się autorom tego stwierdzenia rdzeń przewodu ACCC[®] z kruchym rdzeniem ceramicznym przewodu ACCR, w którym mogą wystąpić mikropęknięcia, co zostało opisane w pracy autorów Kerr M., Chawla N. i Chawla K.K. [6].

Chętnym do zapoznania się z wynikami badań zginania rdzenia przewodu ACCC[®] i jego starzenia cieplnego polecamy prace [15] i [16].

Zwracamy uprzejmie uwagę, że czytając literaturę na ten temat trzeba upewnić się jaka jest data jej publikacji, data przeprowadzenia badań oraz data wyprodukowania kompozytu, które dana publikacja opisuje. Niektóre dostępne w Internecie materiały dotyczą badań pierwszego prototypu rdzenia, który ma bardzo niewiele wspólnego z rdzeniem stosowanym do produkcji przewodów ACCC[®], w którym np. w przeciwieństwie do prototypów, stosowane są bezborowe włókna szklane odporne na zjawisko mikropęknięcia (ang. brittle fracture).

Należy też upewniać się jakie jest doświadczenie autorów publikacji w tym specyficznym typie kompozytów węglowo-szklanych w osnowie polimerowej wytwarzanych metodą pultruzji używanych w ACCC[®], bo nawet szacowne instytucje wyspecjalizowane w metalach i kompozytach na osnowie metalowej, z powodu braku odpowiedniej wiedzy na ich temat i doświadczenia, mają prawo mylić się w swoich opiniach na temat ww. kompozytów. Nie mówiąc już o niektórych inżynierach elektrykach nie mających żadnego doświadczenia, a autorytatywnie wypowiadających się na temat tego typu kompozytów [13]. Nawiasem mówiąc, Ci sami inżynierowie elektrycy na nasze zarzuty, że w swoich porównaniach publikowanych w niektórych pracach [13] nie umieszczają oferowanego przez nas przewodu ACCC[®] odpowiedzieli nam, że nie umieszczają przewodu ACCC[®] w swoich porównaniach, ponieważ nie ma przewodu ACCC[®] będącego odpowiednikiem przewodu AFL-6 120, a nie ma go dlatego, że nie mogli znaleźć jego specyfikacji technicznej w Internecie (sic!); nb. po raz pierwszy zaoferowaliśmy taki przewód w Polsce w na ok. 2 lata przez omawianą publikacją. Specyfikacji technicznej przewodu ACCR będącego odpowiednikiem przewodu AFL-6 120 też nie można znaleźć w Internecie, ale to nie przeszkodziło autorom w umieszczeniu tego przewodu w swoim porównaniu.

Pomimo pisemnego wezwania autorów, do chwili obecnej nie otrzymaliśmy ani naukowego wyjaśnienia uzasadniającego użycie nw. sformułowań, ani empirycznych dowodów na to, że „rdzeń kompozytowy przewodów ACCC[®] jest bardzo wrażliwy na mikrouszkodzenia w czasie transportu...”

Rdzeń kompozytowy przewodów ACCC[®] nie jest ani bardzo, ani wcale wrażliwy na mikrouszkodzenia w czasie transportu, chociaż tak jak każdy inny transportowany przedmiot może ulec uszkodzeniu. Nie ma choć jednego opisanego i przeanalizowanego przypadku wystąpienia mikrouszkodzeń rdzenia kompozytowego przewodów ACCC[®] w czasie transportu. Jak już wspomniano, być może pomylił się autorom tego stwierdzenia - bardzo mocny wzdłużnie i jak na kompozyt stosunkowo mocny poprzecznie - rdzeń przewodu ACCC[®] z kompozytu węglowo-szklanego z bardzo kruchym rdzeniem ceramicznym przewodu ACCR, który ewentualnie ze względu na jego kruchość mógłby pękać w czasie transportu.

Pomimo pisemnego wezwania autorów, do chwili obecnej nie otrzymaliśmy ani naukowego wyjaśnienia uzasadniającego użycie nw. sformułowań, ani empirycznych dowodów na to, że „rdzeń kompozytowy przewodów ACCC[®] jest bardzo wrażliwy na mikrouszkodzenia w czasie zawieszania na słupach linii”.

Każdy kto choć raz trzymał w ręku rdzeń przewodu ACCC[®] nie zgodzi się, że jest on „łatwo reagujący nawet na słabe bodźce”, co zostało podane nam przez autorów ww. stwierdzeń jako definicja słowa „wrażliwy” w tym kontekście (sic!). Wręcz przeciwnie tylko bardzo silne bodźce, które wystąpiły podczas przyspieszonej instalacji wykonywanej przez jedną z ekip firmy Eltel były w stanie uszkodzić rdzeń przewodu ACCC[®]. Napiszemy o tym w dalszej części tego rozdziału..

Zaznaczamy, że zerwania na linii Kozienice-Mory nie mogą być dowodem na to, że rdzeń kompozytowy przewodów ACCC[®] jest „bardzo wrażliwy na mikrouszkodzenia”.

Zgodnie z encyklopedyczną definicją: mikro- to przedrostek jednostki miary w układzie SI, oznaczający mnożnik $0,000\ 001 = 10^{-6}$ (jedna milionowa). W przewodzie ACCC[®] podczas jego instalacji na tej linii nie wystąpiły niewidoczne gołym okiem mikrouszkodzenia rdzenia! Wystąpiły, widoczne nieuzbrojonym okiem, uszkodzenia w formie wzdłużnych pęknięć i rozwarstwień. Jak wyjaśnili nam autorzy tego stwierdzenia, nazwali oni uszkodzenia, które wystąpiły na ww. linii mikrouszkodzeniami, ponieważ nie były one zauważone podczas instalacji. To, że nie były one łatwe do zauważenia, ponieważ zakrywał je opłot przewodu, w żaden sposób nie uzasadnia nazwania tego typu pęknięć „mikrouszkodzeniami” i świadczy o całkowitym braku wiedzy autorów tego typu stwierdzeń na temat omawianych kompozytów.

Rdzeń przewodu ACCC[®] często bywa mylony z kruchym ceramicznym rdzeniem przewodu ACCR. Rdzeń kompozytowy przewodów ACCC[®] posiada nie tylko bardzo dużą wzdłużną wytrzymałość na zerwanie, ale również jego wytrzymałość poprzeczna jest jak na kompozyt stosunkowo wysoka. Nie jest on kruchy w potocznym tego słowa znaczeniu np. jak kreda i nie jest wrażliwy na mikrouszkodzenia w czasie transportu oraz podczas zawieszania na słupach linii, pod warunkiem przestrzegania instrukcji instalacji, która wymaga zachowania odpowiedniego promienia gięcia przewodu, niewiele większego od dopuszczalnego promienia gięcia przewodów AFL, a znacznie mniejszego od dopuszczalnego promienia gięcia przewodu ACCR.

W związku z pojawiającymi się nieprawdziwymi informacjami, uprzejmiemy wyjaśniamy, że jedyną przyczyną zerwań przewodu ACCC[®] na linii Kozienice–Mory było nieprzestrzeganie instrukcji instalacji przez jedną z sześciu firm wykonawczych. Nakręcony przypadkowo film, jednoznacznie pokazuje jak nieprawidłowo był instalowany na tej linii przewód ACCC[®] przez monterów firmy Eltel. Na filmie widać jak przewód jest szarpany będąc pod naciągiem i podskakuje silnie uderzając o górną rolkę hamownika, która ma małą średnicę (pojedyncza rolka, będzie zastąpiona zespołem rolek w następnych instalacjach). Żaden przewód nie może być w ten sposób instalowany. To jest abecadło instalacji i dopuszczenie do wystąpienia takich szarpań powoduje uderzanie przewodu w rolki i przekroczenie dozwolonego promienia gięcia przewodu, co stanowi rażące zaniedbanie ze strony firmy wykonawczej. Rozluźnienie przewodu mogło powodować jego podwijanie się pod bęben, nadmierne zginanie i zapętlanie.

Brak doświadczenia i nieprzeszkolenie odpowiednich pracowników (instalujący przewód brygadzysta był tylko na kilkugodzinnym szkoleniu w Warszawie, a nie znający się na instalacji przewodów z powodu niewielkiego doświadczenia instalacyjnego, kierownik budowy i jego zastępca zostali wysłani na wielodniowe szkolenie w USA, zamiast odwrotnie) oraz niezachowanie odpowiedniej staranności przez ekipę montażową nadrabiającą kilkudniowe opóźnienie w stosunku do harmonogramu, w konsekwencji zakończyło się uszkodzeniem przewodu.

Nie jest żadnym dyshonorem dla technologii ACCC[®], że nie mający żadnych wad materiałowych rdzeń pękał przy takim traktowaniu. Każdy przewód pęknie, gdy się go nadmiernie zegnije jednocześnie szarpiąc. Standardowo używane przewody AFL też pękają, gdy się nimi szarpie. Również przewody AFL ulegają uszkodzeniu podczas instalacji lub z różnych przyczyn spadają po zawieszeniu. Jednak często poza wąskim gronem osób nikt o tym nie wie. Jak nam to ktoś kiedyś żartobliwie powiedział: przewód AFL ma prawo spadać, a ACCC[®] nie.

Istotnie, problemem jest ujawniona, po raz pierwszy na ponad 135 instalacji, podczas instalacji na linii Kozienice–Mory możliwość uszkodzenia rdzenia i brak możliwości zauważenia tego (rozwarstwiony rdzeń zakryty był drutami opłotu). Reagując na to firma CTC Cable zaproponowała ad hoc metodę sprawdzania integralności rdzenia poprzez jego krótkotrwałe naprężanie po instalacji. W końcowej fazie prac wdrożeniowych jest inna metoda, która po uzyskaniu ochrony patentowej zostanie natychmiast udostępniona firmom instalacyjnym.

Z drugiej strony, warto nadmienić, że od wielu lat na całym świecie instalowany jest na liniach wysokich napięć kabel ADSS z rdzeniem kompozytowym w formie pojedynczego pręta, służącego jako centralny element nośny i nikt nie bada integralności tego rdzenia w trakcie i po jego instalacji.

Innym przykładem nie do końca prawdziwego stwierdzenia jest:

„- przewody z oplotem wykonanym z miękkiego aluminium, czyli przewody ACSS oraz ACCC[®], wykazują dużą niestabilność zwisu jeżeli nie zostaną przepiężone przed regulacją zwisów; ...” [13]

W USA – ojczyźnie przewodów ACSS już dawno odstąpiono od ich przepiężania inaczej nazywanego odprężaniem, ze względu na duże zagrożenie dla konstrukcji wsporczych, ponieważ wykonuje się je naprężając przewód do 40–50% jego RTS. Tego typu operacja wykonywana jest w USA w wyjątkowych sytuacjach np. przy przekraczaniu szerokich rzek.

Nie ma potrzeby, aby przewód ACCC[®] był przepiężany i nie jest, ponieważ jego zwis końcowy jest i tak mniejszy od zwisu końcowego innych przewodów HTLS. Zjawiska zachodzące w ww. przewodach nazwane przez autorów jako niestabilność zwisu, zachodzą również we wszystkich innych przewodach, lecz w dłuższym okresie czasu. Warto jeszcze nadmienić, że aluminium nie jest, jak to jest zacytowane powyżej, „miękkie” w potocznym tego słowa znaczeniu, lecz jest w stanie miękkim wyżarzonym (ang. *soft annealed*), w odróżnieniu od stanu twardego po ciągnięciu (ang. *hard drawn*).

Niektórzy nazywają przewód ACCC[®] prototypem [12]. Trudno z tym się zgodzić mając wiedzę, że zainstalowanych w ciągu 5 lat ponad 9000 km tego przewodu pracuje w ponad 135 instalacjach na całym świecie. Być może autorzy mieli na myśli przewód ACCR, którego od 1994 roku zainstalowano około 1000 km.

Ci sami autorzy piszą, że „przewód ten zaczyna być stosowany w Chinach oraz w 2008 r. został zawieszony w jednym torze linii 220 kV Kozienice-Piaseczno-Mory” [12]. Trudno nazwać ok. 5000 km zainstalowanych od 2005 roku w Chinach „zaczyna być stosowany” nb. to, że Chiny kupiły tyle km przewodu ACCC[®] jest nobilitujące, ponieważ mając nieograniczone środki na finansowanie inwestycji kupują one najlepsze obecnie dostępne technologie, co potwierdzają to takie firmy jak: Siemens czy ABB. Oprócz Chin i Polski, przewody ACCC[®] wiszą również m.in. na wielu liniach w: USA, Belgii, Hiszpanii, Brazylii, Portugalii, RFN, Meksyku, Chile, Indonezji itd., a niedługo na jednej ze swoich ważniejszych linii 400 kV brytyjski National Grid wymieni przewód GAP na ACCC[®].

W innym miejscu tej samej pracy znajdujemy stwierdzenie [12]: „Wadą przewodów ACCC[®] i ACCR jest specyficzna kruchość rdzenia kompozytowego”. Każdy kto usiłował na naszych prezentacjach złamać rdzeń ACCC[®] wie, że nie jest on kruchy w potocznym tego słowa znaczeniu, w odróżnieniu od ceramicznego rdzenia przewodu ACCR. Każdy kto trzymał w ręku rdzeń przewodu ACCR, o ile miał szczęście otrzymać niezatopiony w żywicy, wie jak kruchy on jest. Dlatego zrównywanie obydwu rdzeni jest bardzo krzywdzące dla rdzenia przewodu ACCC[®].

Dalej w tej samej pracy znajdujemy stwierdzenie [12]: „Straty przesyłowe energii po „reconductoringu” linii są nieco większe w porównaniu do wariantu wybudowania nowej linii o zwiększonym przekroju przewodów. Unaocznia to przykład linii Kozienice-Piaseczno-Mory, gdzie alternatywą było wybudowanie w istniejącym korytarzu nowej linii 2-torowej z przewodami AFL-8 525 mm². Są to akademickie rozważania. Budowa nowej linii w istniejącym korytarzu nie była żadną alternatywą. Każdy praktyk wie, że tej linii nie dałoby się wyłączyć na tak długo. Jedynie przewód ACCC[®] spośród wszystkich technologii HTLS, ze względu na jego bardzo mały zwis, był w stanie sprostać wymaganiu wykonania modernizacji linii w ciągu 4-tygodniowego wyłączenia linii.

Jako uzasadnienie ww. stwierdzenia autorzy podają obliczenia rezystancji: „Rezystancja jednostkowa przewodu ACCC[®] Stockholm przy temperaturze pracy ciągłej 100°C wynosi: $0,0608 [1+0,00403(100-20)] = 0,0804 \Omega/\text{km}$, natomiast rezystancja przewodu AFL-8 525 mm² przy temperaturze pracy ciągłej 80°C wynosi: $0,0564 [1+0,00403(80-20)] = 0,0700 \Omega/\text{km}$.” Jest to błąd logiczny, ponieważ autorzy porównują przewód ACCC[®] Stockholm o przekroju aluminium 460 mm² z przewodem AFL-8 525 o przekroju aluminium 519,5 mm² i nie zauważają, że jeżeli już budować nową linię to zamiast AFL-8 525 warto zastosować niskostratny jego odpowiednik ACCC[®] Budapest o przekroju aluminium 675 mm² i o takiej samej jak AFL-8 525 średnicy, którego rezystancja przy temperaturze pracy ciągłej 80°C wynosi:

0,0416 [1+0,00403(80-20)] = 0,0517 Ω /km, a jego obciążalność prądowa jest 2-krotnie większa od AFL-8 525 (sic!). Takie rozwiązanie gwarantuje ograniczenie strat w nowo budowanej linii o ponad 25% w stosunku do konwencjonalnych przewodów AFL-8 525, przy jednoczesnym 2-krotnym zwiększeniu jej przepustowości, co zapewnia znacznie większą elastyczność pracy sieci.

Podsumowując uwagi o linii Kozienice – Mory autorzy piszą [12]:

„Tak więc wariant „reconductoringu” wiąże się ze zwiększonymi tylko o 15% stratami jednostkowymi energii w tej linii.”

Jest to podwójny błąd logiczny autorów, którzy: 1. Porównują przewód ACCC[®] 460 z przewodem AFL-8 525 o mniejszej od ACCC[®] Stockholm 460 rezystancji zapominając, że na większej części omawianej linii wisiał przewód AFL-8 350 o większej od ACCC[®] rezystancji. 2. Autorzy założyli, że przewody w tej linii pracują cały czas w temperaturze 100°C, podczas gdy wg naszej wiedzy linia ta pracuje w takiej temperaturze sporadycznie.

Biorąc powyższe pod uwagę można stwierdzić, że straty w linii Kozienice – Mory zostały zmniejszone (wg naszych szacunków o kilkanaście procent), w stosunku do strat we wcześniej zawieszonych na tej linii przewodach AFL-8 350 i AFL-8 525, choć nie tak bardzo jak mogłoby zostać to osiągnięte, ponieważ w celu unifikacji przekroju przewodów na całej linii, na części linii przewód ACCC[®] Stockholm o przekroju 460 mm² zastąpił przewód AFL-8 525. Gdyby i w tej części linii chciano zmniejszyć straty trzeba by wtedy zastosować ww. przewód ACCC[®] Budapest o przekroju aluminium 675 mm² i o średnicy identycznej jak przewodu AFL-8 525.

W niektórych pracach wyrażana jest troska o centralny kompozytowy rdzeń przewodu ACCC[®] mający formę pojedynczego pręta [3]. Jak piszą autorzy zastosowanie tego typu rozwiązania powoduje podniesienie własności wytrzymałościowych poprzez całkowite wypełnienie przestrzeni rdzenia i tym samym zwiększenie przekroju nośnego. Jest to jednak według autorów przyczyną niebezpieczeństwa pęknięcia rdzenia przy przeginianiu, co spowodowane jest niskimi własnościami mechanicznymi kompozytu na kierunku poprzecznym do włókien.

Próbując rozwiązać troski autorów pragniemy zaznaczyć, że kompozyt przewodu ACCC[®] z włókien węglowych i bezborowych włókien szklanych, w osnowie ze specjalnie modyfikowanej żywicy epoksydowej odpornej na wysokie temperatury, jest nie tylko mocniejszy wzdłużnie od stali, ale również, w odróżnieniu od wielu innych kompozytów jest stosunkowo mocny poprzecznie, dlatego między innymi znalazł zastosowanie w lotnictwie do budowy dźwigarów samolotów, które pracują mechanicznie z dużymi naprężeniami nie tylko wzdłużnie, ale i poprzecznie (vide Boeing 787 Dreamliner).

Rdzeń przewodu ACCC[®] nie jest jednolitą sztywną strukturą, lecz kompozytem składającym się z wielu tysięcy ułożonych równolegle do siebie pojedynczych włókien węglowych otoczonych na całym obwodzie wieloma tysiącami bezborowych włókien szklanych odpornych na naprężenia mechaniczne i elektromagnetyczne. Wszystko to zawarte jest w odpornej na wysokie temperatury, specjalnie modyfikowanej żywicy epoksydowej, która w tym przypadku pełni jedynie rolę spoiwa. Pęknięcie pojedynczych włókien nie ma żadnego wpływu na własności mechaniczne rdzenia, ponieważ jego mechaniczna wytrzymałość została obliczona z dużym zapasem bezpieczeństwa.

Na skutek elastyczności żywicy epoksydowej i włókien szklanych rdzeń posiada pewien stopień elastyczności i dlatego możliwe jest jego wyginanie, bez obawy, że pęknie. Znajdując się w zainstalowanym na linii przewodzie rdzeń kompozytowy „pracuje”, żywica rdzenia w miarę zmiany temperatury pracy przewodu zmienia swoje własności, ale to nie żywica nadaje rdzeniowi tak wysoką wytrzymałość mechaniczną, lecz włókna węglowe.

Dzięki ww. własnościom tylko bardzo silne bodźce, których jednoczesne wystąpienie jest bardzo mało prawdopodobne, są w stanie uszkodzić mechanicznie kompozytowy rdzeń przewodu ACCC[®], o czym przekonało się wiele osób próbując go złamać podczas prezentacji tych przewodów, a także wiele instytutów naukowo-badawczych przeprowadzając bardzo ostre testy rdzeni i przewodów (możemy udostępnić raporty z badań).

Niestety, takie silne bodźce wystąpiły podczas przyspieszonej instalacji wykonywanej przez jedną z ekip firmy Eltel na linii 220 kV Kozienice–Mory, za pomocą sprzętu niedostosowanego do obsługi tak długich odcinków i o tak dużej masie (brak odpowiedniego hamowania obracającego się bębna oraz automatycznej regulacji siły naciągu pomiędzy hamownikiem i stojakiem bębna). Duża siła ciągnięcia przewodu (którą on bez problemu w normalnych warunkach wytrzymuje) znajdującego się na ważącym wiele ton bębnie, połączona z dużą prędkością instalacji (Eltel miał ok. 3 dni opóźnienia) oraz z podsłaskiwaniem przewodu na rolce hamownika mającej małą średnicę, przy braku hamowania bębna adekwatnego do jego masy oraz przy braku synchronizacji pomiędzy hamownikiem i urządzeniem zdawczym, na którym był bęben, powodowały, że przewód był szarpany i mógł być podwijany pod bęben, co mogło spowodować pęknięcia rdzenia.

Brak doświadczenia oraz nieprzeszkolenie odpowiednich pracowników (posiadający małe doświadczenie kierownik budowy i jego zastępca byli na wielodniowym szkoleniu w USA, a brygadzysta tylko na kilkugodzinnym szkoleniu w Warszawie) w konsekwencji zakończyło się uszkodzeniem przewodu.

W celu wyeliminowania jakichkolwiek problemów na linii Kozienice–Mory zostały wymienione wszystkie sekcje zainstalowane przez firmę Eltel. Żadna z sekcji zainstalowanych przez pozostałych wykonawców nie stwarzała jakichkolwiek problemów. **Od tamtej pory linia pracuje bezawaryjnie przez około 2,5 roku.**

Warto nadmienić, że firmie Eltel niedawno zerwały się przewody AFL na nowo wybudowanej linii 400 kV mającej wzmocnić zasilanie Poznania, ale o tym się nie mówi - zapewne nikomu nie zależy na nagłaśnianiu tej sprawy, w odróżnieniu od zerwań przewodu ACCC®.

W celu wyeliminowania jakichkolwiek problemów firma CTC uzgodniła, że przy następnych instalacjach będzie wymagana od wykonawców ciągła kontrola i rejestracja (komputerowa) naciągu przewodu oraz synchronizacja i automatyczna regulacja współpracy hamownika z hamulcami stojaka bębna, a producent zapewni stały nadzór nad pracą każdej z ekip wykonawczych.

Warto też nadmienić, że rdzeń w formie pojedynczego pręta posiadają też używane z powodzeniem od wielu lat kable ADSS, chociaż nie są to kable przewodzące prąd, ale przewód ACCC® też prądu nie przewodzi, gdy się go instaluje, a wtedy występuje największe narażenie na uszkodzenie.

Biorąc powyższe pod uwagę można powiedzieć, że przy zachowaniu minimum staranności ze strony instalatorów nie ma żadnych obaw o uszkodzenie rdzenia podczas jego instalacji. Pozostałe 5 firm zainstalowało przewód bez większych problemów, choć oczywiście zawsze jakieś drobne problemy pojawiają się podczas każdej instalacji. Na przykład, jednej z firm, na skutek złego zakotwienia stojaka, bęben potoczył się swobodnie, przejeżdżając po przewodzie, który trzeba było na krótkim odcinku odciąć. Ktoś nam zacytował to zdarzenie jako dowód na wrażliwość rdzenia na mikrouszkodzenia (sic!).

Niedawno pojawiły się nieprawdziwe informacje jakoby temperatura szklenia żywicy kompozytu z włókien węglowo-szklanych wynosiła +170°C, a rdzeń nie posiada wytrzymałości cieplnej gwarantującej długotrwałą pracę w temperaturze 180°C.

Być może są produkowane tego typu rdzenie, ale nie rdzeń przewodu ACCC® produkowany ze specjalnie modyfikowanej żywicy epoksydowej, w którym stosowane są bezborowe włókna szklane.

W 2009 pojawił się referat, którego autor kwestionował zdolność pracy przewodu ACCC® w temperaturze 180°C okazało się jednak, że zastosował on błędną procedurę badawczą i po wykonaniu badań sprawdzających w kilku niezależnych ośrodkach badawczych uznany on został za niewiarygodny.

Firma CTC potwierdza n.w. dopuszczalne temperatury pracy przewodu ACCC®:

- Maks. dop. temperatura pracy ciągłej przewodu: +180°C (rdzeń), +175°C (powierzchnia przewodu)
- Maks. dop. temperatura krótkotrwałej pracy przewodu*: +200°C (rdzeń), +195°C (powierzchnia przewodu)
- Maksymalna dopuszczalna temperatura pracy przewodu podczas zwarcia: +320°C

UWAGA: * - maksymalna dopuszczalna temperatura krótkotrwałej pracy przewodu, w jakimkolwiek okresie czasu, w którym przekroczono dopuszczalną temperaturę ciągłej pracy przewodu nie dłużej niż w ciągu 8 godzin pod rząd wynosi: +200°C. Łączny czas przekroczenia w czasie całego życia przewodu nie może wynieść więcej niż 20 000 godzin.

Jak potwierdza to wiele wyników badań i prób starzeniowych przeprowadzonych przez firmę CTC oraz niezależne laboratoria badawcze, przewody ACCC® mogą w sposób ciągły, przez cały czas swojego życia pracować w temperaturach +180°C (rdzeń), +175°C (powierzchnia przewodu) bez pogorszenia ich parametrów mechanicznych i innych.

Faktem jest, że kompozyty na osnowie żywic epoksydowych posiadają niższą dopuszczalną temperaturę pracy w porównaniu z kompozytami na osnowie z aluminium, wynikającą z występowania początku degradacji własności wytrzymałościowych w temperaturze zeszklenia polimeru T_g, (przemiana fazowa ze stanu plastycznego do szklanego) [3], która dla rdzenia przewodu ACCC® wynosi przynajmniej 205°C, a w większości przypadków 215°C lub więcej. Ale warto zauważyć, że przewody ACCC® z rdzeniem z kompozytu polimerowego z włókien węglowych i szklanych, nie muszą pracować w temperaturach rdzenia wyższych od +180°C, aby osiągnąć maksymalną obciążalność prądową porównywalną z obciążalnością przewodów ACCR i innych, pracujących dla osiągnięcia takiej samej jak ACCC® obciążalności w znacznie wyższych temperaturach (+210°C lub nawet +250°C). W odróżnieniu od ceramicznego rdzenia przewodu ACCR oraz stalowego rdzenia innych przewodów HTLS, rdzeń przewodu ACCC® nie wydłuża się w miarę wzrostu temperatury i dlatego przewód ACCC® ma w odróżnieniu od wszystkich innych technologii HTLS prawie płaską charakterystykę zwiisu po przejściu tzw. punktu kolanowego. Dzięki tej własności **ACCC® jest jedynym przewodem HTLS, który nie wymaga w istniejących liniach podwyższania konstrukcji wsporczych dla osiągnięcia swojej maksymalnej obciążalności prądowej.**

Zwracamy uwagę, że problem termicznej wytrzymałości nie dotyczy tylko przewodu ACCC®, lecz również wszystkich innych przewodów, z których te najbardziej narażone na przegrzanie oprócz AFL i AAL to TACSR, GAP i ACCR, ponieważ druty z aluminium stopu cyrkonowego (zirconium aluminium alloy) po przekroczeniu maksymalnej dopuszczalnej temperatury pracy zaczynają "płynąć" podobnie jak druty z twardociągniętego aluminium w przewodach AFL.

Również poniżej maksymalnej dopuszczalnej temperatury pracy istnieje w przypadku przewodów TACSR, GAP i ACCR ryzyko utraty wytrzymałości mechanicznej na skutek pracy w wysokich temperaturach, ponieważ własności drutów z aluminium stopu cyrkonowego uzależnione są w znacznym stopniu od odpowiedniej zawartości cyrkonu w stopie, nad którą jest trudno zapanować w procesie produkcyjnym stopu. Dlatego też bardzo trudno jest uzyskać powtarzalność parametrów stopu cyrkonowego podczas jego produkcji w hucie i czasem zdarza się, że druty cyrkonowe nie posiadają deklarowanych właściwości.

Najmniej narażony na przegrzanie jest przewód ACSS i ACSS/TW z drutami aluminium w stanie "miękkim" wyżarzonym i z rdzeniem stalowym, ponieważ druty aluminium w stanie wyżarzonym mogą pracować w bardzo wysokich temperaturach. Jedynym czynnikiem limitującym do 250°C maksymalną temperaturę długotrwałej pracy tego przewodu jest wytrzymałość cieplna antykorozyjnego pokrycia drutów stalowych rdzenia, lecz przewodowi temu nie grozi tak szybka jak w przypadku ww. przewodów utrata własności mechanicznych przy przekroczeniu maksymalnej dopuszczalnej temperatury pracy.

Inną wprowadzającą w błąd informacją, jest fakt pęknięcia rdzenia przewodu ACCC® podczas próby wytrzymałości termicznej przeprowadzonych w laboratoriach EPRI - USA wspólnie z EDF - Francja. Po gruntownej analizie tego zdarzenia okazało się, że przyczyną uszkodzenia rdzenia przewodu ACCC® były nieprawidłowe wskazania wadliwie zamocowanej termopary mierzącej temperaturę przewodu, której pomiary sugerowały prawidłową wartość +175°C, podczas gdy rzeczywista temperatura przewodu wynosiła podczas omawianej próby ok. +260°C, co skutkowało nadmiernym przegrzaniem i pęknięciem rdzenia. Po wyeliminowaniu tego błędu pomiaru próba została przeprowadzona ponownie z pozytywnym wynikiem.

Inną podawaną nieprawdziwą informacją jest „możliwość zerwania się przewodu w wyniku korozji aluminium spowodowanej bezpośrednim jego kontaktem z włóknami węglowymi po uszkodzeniu ochronnej warstwy z włókien szklanych”. Faktem jest, że wielu producentów próbowało na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat zastosować kompozyty węglowe do przewodów napowietrznych, lecz nie udawało im się to ze względu na wysoką korozyjność włókien węglowych w stosunku do aluminium. Dopiero firma CTC wymyśliła i opatentowała otoczenie kompozytu z włókien węglowych kompozytem z bezborowego włókna szklanego, który jest neutralny w stosunku do aluminium.

Uszkodzenie stosunkowo grubej warstwy kompozytu z włókien szklanych jest bardzo mało prawdopodobne, szczególnie, że pod wpływem pracy w wysokiej temperaturze twardej on tworząc swojego rodzaju pancerz osłaniający wewnątrz kompozytu. Jednak, gdyby do takiego uszkodzenia doszło i bezpośredni kontakt włókien węglowych spowodowałby korozję aluminium to i tak przewód nie zerwałby się, bo to nie włókna węglowe odpowiadające za wytrzymałość na zerwanie przewodu korodują, lecz aluminium, którego udział w tej wytrzymałości jest znikomy!

Niedawno usłyszeliśmy, że „w przypadku zerwania przewodów ACCC[®] nie da się naprawić i trzeba wymienić całą odciągową sekcję”. Nie jest to prawda w przypadku tych przewodów, lecz w przypadku przewodów GAP, które ze względu na specyfikę budowy oraz instalacji, wymagają wymiany całej sekcji po zerwaniu przewodu. Przewody ACCC[®] naprawia się bardzo szybko za pomocą złączyk średnic przęsłowych, co było kilka razy wykonane na linii Kozienice-Mory.

Niektórzy uważają, że wszystkim technologiom HTLS powinno się stworzyć równe szanse dla stosowania w polskich sieciach. Naszym zdaniem, w świetle powyższych ewidentnych zalet oraz w świetle obecnych dążeń do znacznej redukcji emisji CO₂, promowanie technologii TACSR i GAP generujących bardzo duże straty podczas pracy w wysokich temperaturach, nie leży w interesie państwa polskiego oraz spółek przesyłowych i dystrybucyjnych. Wręcz odwrotnie, zamiast równych szans powinno się stworzyć mechanizmy sprzyjające zastosowaniu energooszczędnych technologii (np. poprzez odpowiednie preferencje w przetargach), które czasem mogą być nieco droższe w momencie zakupu, ale per saldo są znacznie tańsze. Na podobnej zasadzie promuje się produkcję energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych pomimo, że jest ona droższa niż w elektrowniach opalanych węglem.

Słyszeliśmy obawy, że zwiększenie za pomocą przewodów ACCC[®] obciążalności prądowej linii, powodujące zwiększenie natężenia pola magnetycznego może stanowić zagrożenie dla otoczenia linii. Te obawy nie wydają się być uzasadnione, ponieważ ze względu na znacznie wyższe jej wartości, nadal czynnikiem determinującym stopień wpływu pola elektromagnetycznego na środowisko jest jego składowa elektryczna, która pozostaje niezmienną (napięcie linii nie ulega zmianie podczas modernizacji za pomocą przewodów ACCC[®]). Warto zwrócić uwagę, że przewody ACCC[®] mając najmniejszy zwis spośród wszystkich przewodów, są najbardziej oddalone od ziemi i natężenie pola jest pod tymi przewodami najmniejsze ze wszystkich technologii przy takim samym prądzie.

Jak widać na podstawie powyższych i wielu innych przykładów, na rynku pojawia się wiele nieprawdziwych lub nie do końca prawdziwych informacji i co jest szczególnie niepokojące – wiele z nich podawana jest przez naukowców, którzy wypowiadają się na temat rdzeni przewodów ACCC[®] nie mając na ten temat gruntownej wiedzy teoretycznej i empirycznej.

Rozumiejąc obawy potencjalnych użytkowników, szczególnie po zerwaniach na linii Kozienice-Mory, słyszających i czytających tego typu nieprawdziwe informacje wygłaszane i pisane przez osoby, które nie posiadają fachowej wiedzy na temat kompozytów z włókien węglowych lub celowo wprowadzających potencjalnych użytkowników w błąd, WAPA (Western Area Power Administration) - jeden z największych w USA państwowych operatorów sieci przesyłowych i użytkownik przewodów ACCC[®], zleciła w 2009 przeprowadzenie gruntownych badań przewodu ACCC[®] w celu sprawdzenia przyczyn zerwań na ww. linii. Wyniki tych badań, wykonanych przez wybitnych niezależnych specjalistów z wiodącego światowego ośrodka naukowego w dziedzinie kompozytów polimerowych – University of Denver Colorado, zostały opublikowane w literaturze fachowej [17], a wcześniej częściowo zaprezentowane w IEEE [18], wskazują niewłaściwe obchodzenie się z przewodem jako jedyną przyczynę pęknięć rdzenia i całkowicie wykluczają możliwość zaistnienia wszelkich innych przyczyn np. wad materiałowych.

Zalety ekologiczne i eksploatacyjne czynią tą technologię na tyle atrakcyjną, że nawet najbardziej ostrożna i konserwatywna energetyka niemiecka chce ją mieć w swojej sieciach, wskazując ją jako najlepszą spośród wszystkich technologii o małym zwisie, co również potwierdza autor jednego z referatów, zaprezentowanych w 2010 r. na konferencji CIGRE w Paryżu [19].

W świetle planowanych w Polsce inwestycji w modernizację i budowę sieci napowietrznych, i bardzo dużych pieniędzy, które na ten cel zostaną przeznaczone, trwa bezpardonowa walka z najlepszym obecnie na świecie przewodem napowietrzny, za który bezsprzecznie przewód ACCC[®] jest uznawany z wielu powodów np. płaska charakterystyka zwisu, bardzo niskie straty przesyłowe itd.

Dlatego ACCC[®] ma w Polsce kilku zacieklej oponentów i co ciekawe zarówno w Polsce jak i na świecie największym oponentem tej technologii jest firma 3M i jej zwolennicy z niektórych polskich uczelni, która wyłożyła na wdrożenie swojej technologii przewodów ACCR z ceramicznym rdzeniem olbrzymie pieniądze, ale w ciągu 6 lat od 2005 roku udało się jej jedynie sprzedać ok. 1600 km tego przewodu, podczas gdy ACCC[®] w ciągu 5 lat sprzedano ponad 10 000 km.

Nie mogąc merytorycznie kwestionować technicznej przewagi technologii ACCC[®] nad innymi przewodami, konkurencja usiłuje zdyskredytować tą technologię poprzez rozpowszechnianie nieprawdziwych informacji.

Na rynku rozpowszechniane są przez konkurencję od czasu do czasu nieprawdziwe, albo nie do końca prawdziwe informacje mające na celu wytworzenie atmosfery niepewności np. wokół zdolności technologii ACCC[®] do pracy w podwyższonych temperaturach.

Przykładem tego była niedawno rozpowszechniona informacja o badaniach ACCC[®] w EPRI – USA, na temat rzekomego niewytrzymania przez przewód ACCC[®] badań cieplnych tam przeprowadzanych. Dla Państwa informacji - niedawno przedstawiciel CTC został publicznie przeproszony za to, że w wyniku błędu pomiarowego EPRI została rozpowszechniona nieprawdziwa informacja.

Innym przykładem jest raport z 2009 roku Pana Gorur z laboratorium PSERC, którego prace w sposób jawny sponsoruje firma oferująca konkurencyjną technologię, i który badając 1-szy (z 3) prototyp rdzenia przewodu ACCC[®], nie mający nic wspólnego z jego obecną formą, o budowie i parametrach znacznie odbiegających od rdzenia wdrożonego do produkcji, postanowił, wbrew wszelkiej logice za wyjątkiem logiki udowodnienia, że rdzeń ACCC[®] nie spełnia deklarowanych parametrów, podgrzewać w komorze klimatyzacyjnej krótkie próbki rdzenia w 180°C i 200°C w autoklawach bez żadnej osłony na bocznych krawędziach, co w żaden sposób nie jest adekwatne do rzeczywistych warunków pracy rdzenia na linii, którego końce osłonięte są w hermetycznie zamkniętym uchwycie odciągowym, wewnątrz którego przy rdzeniu temperatura nigdy nie przekracza więcej niż 120°C. Po ukazaniu się w 2009 roku ww. raportu powstało duże zaniepokojenie wynikami tych badań, wśród takich obecnych i potencjalnych użytkowników przewodów ACCC[®] jak AEP - USA, czy też National Grid UK, którzy natychmiast zlecieli niezależne badania, które bez jakichkolwiek wątpliwości potwierdziły bezzasadność sugestii zawartych w tym raporcie oraz możliwość długotrwałej pracy przewodu ACCC[®] w powyżej podanym deklarowanym przez CTC zakresie temperatur.

Niedawno, jedno z laboratoriów w Polsce, bez żadnej konsultacji z firmą CTC, powieliło badania opisane w ww. raporcie i ze względu na identyczne błędy proceduralne wyniki tych badań również nie mogą być uznane za wiarygodne.

Firma CTC potwierdza: nie ma obecnie **żadnych** wiarygodnych dowodów kwestionujących zdolność pracy przewodu ACCC[®] w liniach napowietrznych, w deklarowanym przez CTC zakresie temperatur.

Na zakończenie pragniemy zwrócić uwagę, że korzyści eksploatacyjne uzyskane dzięki zastosowaniu tej nowoczesnej technologii oraz korzyści dla naturalnego środowiska człowieka, takie jak ograniczenie emisji CO₂ i mniejsze zniszczenie środowiska przy budowie nowych linii, przewyższają znacznie ryzyko związane z jej zastosowaniem jako stosunkowo nowej technologii. Bazując na przykrych

doświadczeniach związanych z wydarzeniami na ww. linii, można być pewnym, że zarówno producent jak i firmy wykonawcze dołożą wszelkich starań, aby następne instalacje wykonane były z należytą starannością. W podejmowaniu pozytywnych dla technologii ACCC[®] decyzji powinien pomóc fakt, że dzięki znacznej redukcji strat, w porównaniu ze stratami w przewodach AFL oraz w innych przewodach o małych zwisach, w większości przypadków **po kilku latach wszystkie wyłożone na nią środki finansowe w pełni się zwracają, a we wszystkich przypadkach zwraca się różnica nakładów inwestycyjnych w stosunku do tańszych technologii HTLS. Jednocześnie uzyskana za pomocą przewodu ACCC[®] bez podwyższania słupów obciążalność prądowa linii jest około 7 do 9 razy większa w stosunku do obciążalności prądowej linii zaprojektowanej do pracy w +40°C i 2-krotnie większa niż po podwyższeniu maksymalnej temperatury pracy przewodu AFL z +40°C do +80°C.**

W porównaniu kosztowym z innymi technologiami HTLS, pomimo, że cena 1 km ACCC[®] może być nieco wyższa (choć nie tak bardzo jak niektórym się wydaje), ze względu na oszczędności na stratach i pracach dodatkowych (nie trzeba podwyższać słupów), inwestycja w przewód ACCC[®] jest per saldo znacznie tańsza od wszystkich innych technologii. Można też powiedzieć, że od chwili zainstalowania przewód ACCC[®] zaczyna „na siebie zarabiać”.

Zgodnie z unijnymi wymaganiami Polska powinna do 2016 r. zmniejszyć zużycie energii o 9%, a do roku 2020 – o 20%. Według projektu ustawy o efektywności energetycznej za działania mające na celu zmniejszenie zużycia energii firmy będą dostawały certyfikaty, które będą mogły sprzedawać na rynku. W te działania Unii i polskiego rządu idealnie wpisują się:

ACCC[®]

nowej generacji niskostratne przewody napowietrzne o małych zwisach posiadające parametry i oferujące energooszczędność na miarę wymagań XXI wieku

LITERATURA

- [1] E. Bosze, Ph.D. - D. Bryant, Composite Technology Corporation, Upgrading the Electrical Transmission Grid Using High Efficiency ACCC[®] Conductor.
- [2] Jakubczak P. „Wstępna analiza techniczna możliwości zawieszenia przewodów wysokotemperaturowych. Linia 110 kV Bieżanów – Kurów” dla Enion Kraków, Warszawa, listopad 2007.
- [3] T. Knych, P. Uliasz, A Pawłowski: „Badania nad przewodami i osprzętem do wysokotemperaturowych linii napowietrznych”, IV Konferencja „Elektroenergetyczne Linie Napowietrzne”, Wisła, 6-7 maja 2009r.
- [4] Baker G. “Manufacturing Standards for North American Bare Overhead Conductors”, IEEE TP+C Winter Meeting, Jan 23, 2006.
- [5] Jakubczak P. ACCC[®] energooszczędne wysokotemperaturowe przewody napowietrzne nowej generacji. Porównanie techniczne z przewodami stalowo-aluminiowymi. Konferencja Sieci 2008. Szklarska Poręba wrzesień 2008.
- [6] Kerr M., Chawla N. i Chawla K.K.: The Cyclic Fatigue of High-Performance Fibers - Journal of Materials February 2005.
- [7] Cigre Task Force B2.11.03, Results of the questionnaire concerning high temperature conductor fittings .
- [8] Consideration relating to the use of high temperature conductors. Technical Brochure No. 331. Working Groups B2.03, B2.12, B2.11 CIGRE, October 2007.
- [9] Jakubczak P., Sokolik W.A. "Przewody wysokotemperaturowe jako alternatywa dla budowy nowych linii" IV SYMPOZJUM Nowoczesne rozwiązania w budownictwie sieciowym, Ostrów Wielkopolski styczeń 2008.

- [10] Kubacki B., Borowski J. – „Przewody wysokotemperaturowe w liniach WN- aspekty projektowe” IV SYMPOZJUM Nowoczesne rozwiązania w budownictwie sieciowym, Ostrów Wielkopolski styczeń 2008.
- [11] Sokolik W.A. "Nowoczesny sposób na szybkie zwiększenie zdolności przesyłowych linii napowietrznych za pomocą przewodów o małych zwisach”, V Konferencja Szkoleniowo – Techniczna „Nowoczesna energetyka” NOE 2008. Nałęczów, 3 – 5 grudnia 2008.
- [12] Żmuda K., Siwy E. „Maksymalizacja termicznej zdolności przesyłowej polskich linii napowietrznych”, APE'09, Jurata, 3 – 5 czerwca 2009.
- [13] Żmuda K., Siwy E. i inni „Wybrane problemy projektowania, modernizacji i eksploatacji linii napowietrznych SN, WN i NN”, IV Konferencja „Elektroenergetyczne Linie Napowietrzne”, Wisła, 6-7 maja 2009r.,
- [14] „Straty energii elektrycznej w sieciach dystrybucyjnych”, praca zbiorowa pod. red. Jerzego Kulczyckiego. Wyd. Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej Poznań, październik 2009, str. 119.
- [15] B.M. Burks, D.L. Armentrout, M. Baldwin, J. Buckley, M. Kumosa „Hybrid composite rods subjected to excessive bending loads”, Composites Science and Technology 69 (2009) 2625–2632.
- [16] E. Barjasteh a, E.J. Bosze b, Y.I. Tsai a, S.R. Nutt a, “Thermal aging of fiberglass/carbon-fiber hybrid composites”, Composites: Part A 40 (2009) 2038–2045.
- [17] B. Burks, J. Middleton, D. Armentrout, M. Kumosa, “Effect of excessive bending on residual tensile strength of hybrid composite rods”, Composites Science and Technology (07 May 2010).
- [18] Brian Burks, Dr. Daniel Armentrout and Dr. Maciej Kumosa, "Analysis of Drake Sized ACCC® Core Subjected to Bending", July 29, 2009, presentation at IEEE TP&C.
- [19] T.K. Soerensen, J. Holboell, G. Kyed, “Composite based overhead line systems - Reducing the visual impact of overhead lines”, CIGRE 2010.

DEMENTI



Każdy inżynier praktyk, zajmujący się tematyką linii napowietrznych, po zapoznaniu się z technologią przewodów ACCC[®] potwierdzi, że jeżeli chodzi o parametry użytkowe, przewód ACCC[®] nie ma sobie równych i pozostawia w tyle wszystkie inne technologie, ze względu na:

- zwis dużo mniejszy od wszystkich innych przewodów i prawie niezmienny w bardzo dużym zakresie temperatur,
- straty znacznie mniejsze od strat we wszystkich innych przewodach,
- wytrzymałość na rozciąganie znacznie większa niż we wszystkich innych przewodach,
- wymagana liczba konstrukcji wsporczych znacznie mniejsza niż dla wszystkich innych technologii itd.

Ze względu na toczącą się kampanię dezinformacji, która ma na celu przykrycie rzeczywistych zalet tej technologii i jej znacznej przewagi technicznej nad innymi dostępnymi obecnie na rynku rozwiązaniami, jesteśmy zmuszeni do tak szczegółowego wyjaśniania nieprawd i półprawd, które pojawiają się na rynku.

1



Fakty i plotki



NIEPRAWDA JEST, że przewód ACCC® się zrywa

Przewód ACCC® ulegnie zerwaniu tak samo jak każdy inny przewód, gdy nieprzestrzegana będzie instrukcja instalacji i ekipa wykonawcza nie dochowa należytej staranności podczas jego instalacji

Przewód ACCC® instaluje się łatwo, ale żaden przewód, nawet AFL, nie może być instalowany tak jak był instalowany przez jedną z ekip montażowych firmy Eltel Networks Olsztyn SA na linii Kozienice – Mory, co potwierdzają świadkowie profesjonaliści, którzy to widzieli!

Fakty i plotki



Zerwania na linii Kozienice-Mory

Jedyną przyczyną

zerwań przewodu ACCC® na linii Kozienice – Mory było nieprzestrzeganie instrukcji instalacji i nieochowanie należytej staranności przez jedną z 15 ekip wykonawczych.

Nakręcony przypadkowo film, jednoznacznie pokazuje jak nieprawidłowo był instalowany na tej linii przewód ACCC® przez jedną z ekip. Na filmie widać jak przewód jest szarpany będąc pod naciąganiem i podskakuje silnie uderzając o górne rolki hamownika, które mają małą średnicę.

Żaden przewód, nawet AFL, nie może być w ten sposób instalowany!

Fakty i plotki



Zerwania na linii Koźienice-Mory c.d.

Dopuszczenie do wystąpienia takich szarpań powoduje uderzenie przewodu w rolki i przekroczenie dozwolonego promienia gięcia przewodu, co stanowi rażące zaniedbanie ze strony firmy wykonawczej. Rozluźnienie przewodu mogło powodować jego podwijanie się pod bęben, zapętlanie zwojów i nadmierne zginanie.

Tej samej firmie niedawno zerwały się kilkakrotnie przewody AFL na nowo wybudowanej linii 400 kV doprowadzającej energię do Poznania!

Fakty i plotki



Zerwania na linii Koźienice-Mory c.d. Rzekome wady materiałowe rdzenia

Niezależny raport sporządzony na zlecenie WAPA (*Western Area Power Administration*) przez University of Denver – Colorado, USA przez jeden z czołowych światowych ośrodków naukowych w dziedzinie kompozytów na podstawie polimerowej, ponad wszelką wątpliwość stwierdził, że to co niektórzy mało doświadczeni w kompozytach polimerowych polscy badacze z AGH określili jako wady materiałowe rdzenia ACCC[®], jest tak naprawdę cechą charakterystyczną kompozytów wytwarzanych metodą pultruzji!

Cytat: „NIE zauważyliśmy żadnych nadzwyczajnych nieprawidłowości w mikrostrukturze rdzeni ACCC[®] dostarczonych do naszych badań.

Opisywane przez AGH jako „Defekty” są typowe dla każdego jednokierunkowego kompozytu wytwarzanego metodą pultruzji opartego na włóknach szklanych lub węglowych.”

Fakty i plotki



Zerwania na linii Koziencice-Mory c.d. Rzekome wady materiałowe rdzenia c.d.

Przewód ACCC® wisi na ww. linii od 3 lat i od 2,5 roku nie było żadnych zerwań. Wielce nieprawdopodobnym jest, żeby wady materiałowe wystąpiły jedynie w 2 odcinkach rdzenia wyprodukowanych w 2-tygodniowym odstępie czasu i użytych do produkcji przewodu w 2-tygodniowym odstępie, odrębnie dostarczonego na plac budowy i zainstalowanego na 2 sąsiednich sekcjach ww. linii.

Jedynym czynnikiem, który je łączy jest ta sama ekipa montażowa, która bardzo się spieszyła, mając 3 dni opóźnienia w stosunku do harmonogramu na kilka dni przed wyznaczonym terminem włączenia linii do ponownej eksploatacji.

Zircon Poland Sp. z o.o.

7

Fakty i plotki



ACCC® to nie prototyp

Przewody ACCC® wprowadzono do seryjnej produkcji w 2005 r., po wielu latach prac wdrożeniowych, po gruntownym przebadaniu w laboratoriach Kinectrics i USC oraz w próbnym instalacjach

Od tamtej pory dostarczono już ponad **10 000 km** dla ponad 130 instalacji na całym świecie: USA, Chiny, Polska, Wielka Brytania, Portugalia, Belgia, Niemcy, Hiszpania, Meksyk, Brazylia, Chile, Indonezja itd., na ok. 120 000 km wszystkich przewodów HTLS zainstalowanych od 1970 roku (40 lat)
= **ok. 9% rynku HTLS w ciągu 5 lat!**

ACCC® to najczęściej wybierany, najbardziej rozpowszechniony przewód z rdzeniem kompozytowym

Zircon Poland Sp. z o.o.

8

Fakty i plotki



Rdzeń ACCC® jest odporny na wysokie temperatury w nw. zakresie

**Nie ma przewodu w pełni odpornego na wysokie temperatury
Każda technologia ma swoje granice**

Firma CTC (i wiele niezależnych badań) potwierdza:

Maks. dopuszczalna temperatura pracy ciągłej: +180°C

(w tej temperaturze osiąga większą obciążalność prądową bez podwyższania słupów niż wszystkie inne technologie i podobną do tej uzyskiwanej przez inne z podwyższeniem słupów)

**Maks. dopuszczalna temperatura dla sporadycznej pracy:
+200°C (maks. przez 8 h, 10 000 h)**

**Maksymalna dopuszczalna temperatura przewodu podczas
1 s zwarcia: +320°C**

Zircon Poland Sp. z o.o.

9

Fakty i plotki

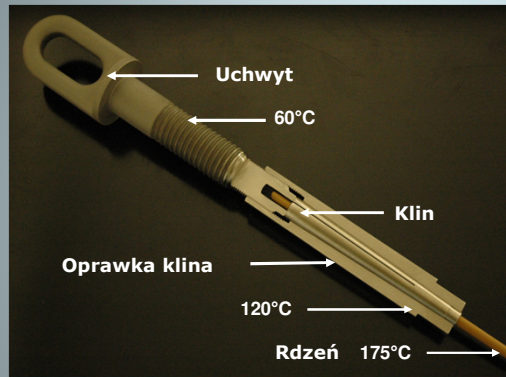


Odporność na wysokie temperatury

Rdzeń przewodu ACCC® został wielokrotnie przebadany w niezależnych laboratoriach badawczych oraz w laboratoriach użytkowników i wszystkie badania potwierdziły jego możliwość pracy w deklarowanym zakresie temperatur. W 2009 roku, jedna z amerykańskich szkół wyższych opublikowała swoje badania 1-szego (z 3) prototypu rdzenia przewodu ACCC® o budowie i parametrach znacznie odbiegających od rdzenia wdrożonego do produkcji, którego krótkie próbki wygrzewano w 180°C i 200°C w autoklawach bez żadnej osłony na bocznych krawędziach. Świat naukowy i dotychczasowi oraz potencjalni użytkownicy ACCC® zweryfikowali te badania i **ocenili je jako niewiarygodne, ponieważ nie odzwierciedlają one rzeczywistych warunków pracy przewodu na linii, gdzie końce rdzenia zawarte są w hermetycznie zamkniętym uchwycie odciągowym, w którym panujące temperatury wynoszą nie więcej niż 120°C**. Niedawno w Polsce AGH, bez żadnej konsultacji z firmą CTC, powieliła badania opisane w ww. raporcie i ze względu na identyczne błędy proceduralne wyniki tych badań również nie mogą być uznane za wiarygodne...

10

Temperatura elementów uchwytu odciągowego oraz rdzenia kompozytowego podczas długotrwałego nagrzewania



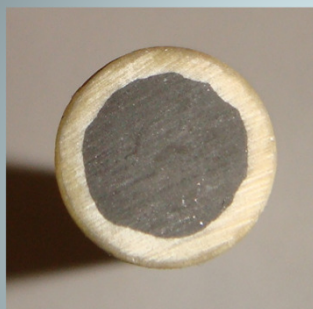
Jak wynika z niezależnych badań, odsłonięty koniec rdzenia jest zamknięty w tej części uchwytu, gdzie występują temperatury **+120°C lub poniżej**

Odsłonięty koniec rdzenia nigdzie nie występuje, za wyjątkiem próbek i jego badanie w temp. **+180°C nie odzwierciedla rzeczywistych warunków pracy przewodu**

Zircon Poland Sp. z o.o.

11

Pokazywany przez konkurencję rdzeń NIE JEST rdzeniem przewodu ACCC®



Wdrożony do produkcji rdzeń firmy CTC

- żywica epoksydowa odporna na wysokie temperatury
- włókna szklane bezborowe o dużo lepszych własnościach fizyko-chemicznych
- w pełni dopracowana w 2005 r. i nie zmieniana od tego czasu technologia produkcji gwarantująca powtarzalność parametrów

1-szy (z 3) prototyp rdzenia z 2002/2003 badany i pokazywany w prezentacjach przez konkurencję

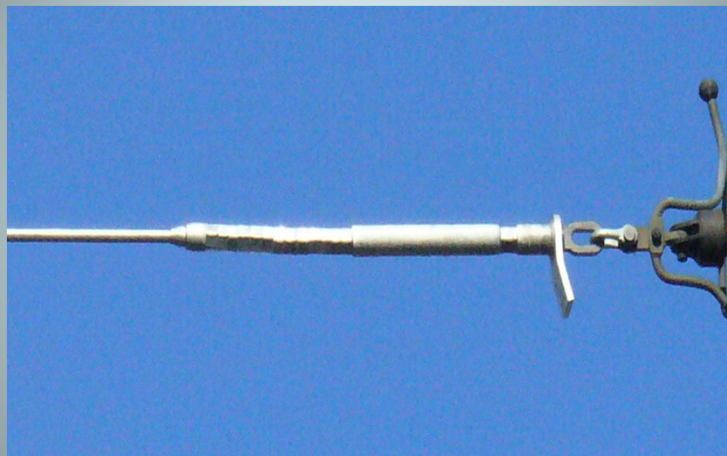
- zupełnie inna żywica epoksydowa
- włókna szklane zawierające związki boru
- technologia w początkowej fazie opracowywania
- próbna partia rdzenia przygotowana jedynie w celu sprawdzenia zachowania podczas procesu produkcyjnego przewodu
- w świetle ww. wyjaśnień, **nieetycznym jest** powoływanie się przez konkurencję, posiadającą ww. wiedzę, na wyniki badań tego rdzenia

Zircon Poland Sp. z o.o.

12

Uchwyt odciągowy na przewodzie ACCC®

Zwiększona długość w stosunku do AFL = zwiększona pojemność cieplna
= im bliżej izolatora, tym niższa temperatura



Zircon Poland Sp. z o.o.

13

Fakty i plotki

NIE przewód ACCC® wymaga wymiany całej sekcji po zerwaniu, lecz GAP



Do naprawy zerwanego ACCC® stosowane są złączki śródpręślowe i nie trzeba wymieniać całej sekcji.

Zircon Poland Sp. z o.o.

14

Fakty i plotki



Niestabilność zwisu

Przedstawiana przez niektórych jako niestabilność zwisu, różnica pomiędzy zwisem początkowym i końcowym ACCC® nie stanowi istotnego problemu, ponieważ jego zwis końcowy jest mniejszy od zwisu końcowego wszystkich innych przewodów HTLS

Zaletą przewodu ACCC® jest też to, że nie pełźnie, a w miarę elastyczny rdzeń zapewnia jego większą odporność na obciążenie lodem!

Fakty i plotki



NIE przewód ACCC® wymaga specjalnego przepiężania, lecz ACSS

Duży zapas zwisu powoduje, że ACCC® nie musi być przepiężany, aby uzyskać stan końcowy zwisu

W przypadku ACSS i ACSS/TW przepiężanie z siłą równą 40-60% RTS pozwala „podnieść przewód do góry” o kilkadziesiąt cm, ale operacja ta nie jest zalecana, bo może ona być bardzo niebezpieczna dla słupów i dla monterów

Fakty i plotki



Rzekoma niestabilność parametrów

Firma CTC gwarantuje, że przez cały okres eksploatacji przewodu **ACCC**[®] określany standardowo dla wszystkich przewodów na 40-lat (badania wykazują, że ten okres dla **ACCC**[®] jest znacznie dłuższy), nie zmieniają się jego parametry mechaniczne i elektryczne poniżej tych deklarowanych w specyfikacjach technicznych. Rzeczywiście w tworzywach sztucznych w czasie ich eksploatacji zachodzą zmiany chemiczne powodujące niewielką utratę masy, ale jest to brane pod uwagę przy ich konstruowaniu. Na przykład identyczne kompozyty jak w **ACCC**[®] używane są w samolotach Airbus i Boeing, i tam również zachodzą zmiany chemiczne, ale w obydwu przypadkach zachodzą one w ściśle ograniczonych i dopuszczalnych granicach.

Fakty i plotki



Rzekomy brak odporności na promieniowanie UV, ozon, tlenki azotu i inne gazy będące efektem ulotu

Tak jak wiele innych substancji chemicznych, żywica epoksydowa rdzenia **ACCC**[®] może reagować z ww. gazami, ale ich stężenie w pobliżu rdzenia przewodu, który wisi na linii, jest pomijalnie niskie, ponieważ:

- rdzeń jest otoczony 2 lub 3 warstwami drutów,
- wyładowania ulotowe, powodujące powstawanie ww. gazów, powstają i skierowane są na zewnątrz przewodu, wewnątrz którego natężenie pola jest równe 0. Ww. gazy wybierają łatwiejszą drogę na zewnątrz przewodu w powietrzu i nie przedzierają się do wewnątrz przewodu pomiędzy aluminiowymi drutami,
- natężenie wyładowań ulotowych w przewodzie **ACCC**[®] o płaskiej powierzchni (druty trapezoidalne) jest niższe niż w przewodach z drutami okrągłymi.

Fakty i plotki



Rzekomy brak odporności ACCC® na galwaniczną korozję

Właśnie firmie CTC jako pierwszej udało się stworzyć konstrukcję odporną na galwaniczną korozję poprzez zastosowanie warstwy włókien szklanych neutralnych wobec aluminium. Jak wykazały badania, uszkodzenie stosunkowo grubej powłoki z włókien szklanych jest bardzo mało prawdopodobne, ale nawet gdyby to się zdarzyło, to lokalne oddziaływanie takiego zjawiska nie spowodowałoby rozwinięcia się korozji. Podobnie jest z pojedynczymi włóknami węglowymi, które podczas procesu produkcyjnego mogą zmieszać się z włóknami szklanymi i mogą wystawać na powierzchnię rdzenia.

Fakty i plotki



W odróżnieniu od niektórych innych kompozytowych rdzeni, rdzeń ACCC® nie jest kruchy

Kruchość — cecha fizyczna ciał stałych (materiałów) polegająca na jego pękaniu i kruszeniu się pod wpływem siły, która na nie działa. Właściwość tę wykorzystuje się np. pisząc kredą po innych materiałach. Kreda pocierana o coś kruszy się, a część tych małych okruszków zostaje na danym materiale. **Kruchość jako wielkość fizyczna charakteryzująca dany materiał, jest to stosunek wytrzymałości na rozciąganie do wytrzymałości na ściskanie:**

$$K = \frac{R_T}{R_C} < \frac{1}{8}$$

Bez wątplenia kruchym można nazwać ceramiczny rdzeń innego przewodu z rdzeniem kompozytowym, ale ACCC® zupełnie nie pasuje do potocznego znaczenia tego słowa.

Fakty i plotki

Rdzeń przewodu ACCC® jest bardzo mocny wzdłużnie i stosunkowo mocny poprzecznie

**Jedynie zanotowane przypadki pęknięcia na ponad 10 000 km
zainstalowanych przewodów ACCC®:**

1. Przypadek w firmie AEP, USA – jedna z pierwszych instalacji przewodów ACCC/TW – wykonywana przez nieudolną ekipę – przewód spadł podczas regulowania zwisów i z hamownika.
2. Przypadek w PSE Operator – linia Kozienice-Mory – wszystkie 3 pęknięcia na tej samej fazie, w dwóch sąsiednich sekcjach, zainstalowane przez mało doświadczoną ekipę jednej firmy (pozostałe 14 ekip nie miało żadnych problemów).

Pozostałe 2 złamania przewodu na ziemi wynikają z błędnej obsługi sprzętu (hamownika i/lub bębna).

Wszystkie wymienione (i jedyne) pęknięcia są skutkiem nieprzestrzegania instrukcji instalacji oraz nieodpowiedniej kultury pracy.

 Zircon Poland Sp. z o.o.

21

Fakty i plotki

Rdzeń kompozytowy ACCC® nie jest kruchy i jest bardzo mocny wzdłużnie oraz stosunkowo mocny poprzecznie



 Zircon Poland Sp. z o.o.

22

Fakty i plotki

Klatkowanie drutów z wyżarzonego aluminium w ACCC® i ACSS *ang. Birdcaging*

Nieumiejętny montaż osprzętu powoduje „klatkowanie” = „birdcaging” przewodu, ale polskie ekipy są odpowiednio przeszkolone.

Klatkowanie może wystąpić na wszystkich rodzajach przewodów w niektórych warunkach np. podczas zwarć - vide następny slajd z fotografiami przewodu ACCR.

Podczas „gorącej” pracy, druty aluminiowe w przewodach ACCC® i ACSS, będące w stanie miękkim wyżarzonym, nieznacznie się rozchodzą, co ułatwia chłodzenie przewodu. Druty wracają do pierwotnego położenia, gdy temperatura przewodu maleje. Jest to znane od ok. 40 lat zjawisko, nie mające wpływu na żywotność i poprawną pracę przewodu.

Zircon Poland Sp. z o.o.

23

Fakty i plotki

Klatkowanie (*ang. Birdcaging*) drutów ZrAL w ACCR



Figure 23: Birdcage in ACCR at 1200 kA²s (300-340°C)



Zircon Poland Sp. z o.o.

24

Fakty i plotki

Klatkowanie drutów z wyżarzonego AL w ACCC® i ACSS



W celu uniknięcia klatkowania, podczas instalacji przewodu uchwyty śrubowe i żabki montażowe powinny chwytać przewód jak najdalej od uchwyty odciągowego oraz powinno się stosować zaprasowywanie wsteczne



Zircon Poland Sp. z o.o.

25

Fakty i plotki

Reorganizacja CTC w ramach Chapter 11

W związku z rozpowszechnianymi przez konkurencję nieprawdziwymi informacjami nt. rzekomej upadłości firmy CTC Cable, producenta rdzenia kompozytowego przewodu ACCC i właściciela patentów na ten rdzeń, uprzejmie wyjaśniamy, że nie jest bankructwo w polskim rozumieniu tego słowa, lecz wniosek o reorganizację firmy w ramach tzw. Rozdziału 11 (Chapter 11) wg amerykańskiego prawa upadłościowego.

Zgodnie z prawem amerykańskim każda spółka może wystąpić o ochronę w ramach tzw. Chapter 11. Nie jest to bankructwo takie jak przewidziane przez polskie prawo, lecz działanie w ochronie, dające możliwość kontynuowania działalności na normalnych zasadach w trakcie i po ustaniu okresu ochrony.

Firma CTC Cable rzeczywiście m.in. w obawie przed wrogim przejęciem, wystąpiła o taką ochronę. Jednak kontynuuje ona nadal swoją działalność, w tym produkcyjną i na bieżąco realizuje, i będzie realizowała dostawy. Potwierdzeniem tego są na przykład złożone obecnie przez naszą firmę dwa zamówienia na przewody ACCC Helsinki, których realizacja przebiega bez zakłóceń z terminem dostawy w lipcu 2011.

Zircon Poland Sp. z o.o.

26

Fakty i plotki

Reorganizacja CTC w ramach Chapter 11 c.d.

Pragniemy Państwa zapewnić, że nawet gdyby kiedyś firma CTC zakończyła swoją działalność to produkcja przewodów ACCC na pewno będzie kontynuowana ze względu na ich rynkową atrakcyjność, którą w przeszłości potwierdziło nie tylko ponad 140 klientów na całym świecie, lecz również kilku czołowych światowych producentów przewodów napowietrznych chcąc tą technologię od CTC odkupić.

Korzystając z okazji zaznaczamy, że dostarczane przez nas przewody ACCC i osprzęt do nich objęte są 10-letnią gwarancją wystawianą przez firmę ubezpieczeniową, która z chwilą dostawy przejmuje na siebie odpowiedzialność gwarancyjną.

Zircon Poland Sp. z o.o.

27

ACCC[®]

Smart Conductor for the Smart Grid



Na co zwrócić uwagę, aby uniknąć zerwań w przyszłości?

Zircon Poland Sp. z o.o.

28

Poprawna instalacja



Bardzo ważne jest, aby stojak bębna miał mocne hamulce sprzężone z hamownikiem w celu utrzymywania stałego napięcia



Zircon Poland Sp. z o.o.

29

Poprawna instalacja



Bardzo ważne jest, aby rolki wprowadzające przewód do hamownika miały odpowiednią średnicę i nachylenie



Zircon Poland Sp. z o.o.

30

Razem **szybko** zwiększymy
obciążalność, **zmniejszając straty!**
Zapraszamy do współpracy



Zircon Poland Sp. z o.o.

31