

# Uniwersalne Modułowe Konstrukcje Wsporcze jako alternatywa przesyłu prądu w sytuacjach awaryjnych

GRZEGORZ KAPLAŃSKI<sup>2</sup>, GRZEGORZ KOWALCZYK<sup>2</sup>, LESZEK SZOJDA<sup>1,\*</sup>, GRZEGORZ WANDZIK<sup>1</sup>, KAMIL WŁODARCZYK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Inżynierii Budowlanej, Politechnika Śląska Gliwice

<sup>2</sup> Arinet sp. z o.o., Gliwice

**Streszczenie:** W referacie zaprezentowano system Uniwersalnych Modułowych Konstrukcji Wsporczych (UMKW) służący do konstruowania słupów tymczasowych linii elektroenergetycznych o napięciu 110, 220 lub 400 kV. System jest przeznaczony do stosowania w sytuacjach awaryjnych, w przypadku prac remontowych lub w związku z inwestycjami czasowo kolidującymi z linią. Tymczasowe konstrukcje wsporcze systemu UMKW występują w dwóch wariantach – konstrukcji jednonozowych oraz ram portalowych. Oba typy układów zestawia się ze stalowych kratowych modułów prostopadłościennych, będących podstawowymi elementami systemu. Słupy UMKW mogą być używane w liniach o różnym napięciu, obciążeniach itp. dzięki odciążom linowym, dostosowującym konstrukcję do istniejących wymagań. W systemie nie przewiduje się stosowania klasycznych fundamentów, a stateczność globalną konstrukcji zapewnia połączenie odciążów z podłożem przy użyciu kotew wkręcanych lub poprzez stosowanie bloków balastowych. Wstępna analiza kilkuset układów oraz program komputerowy pozwalają skrócić czas doboru konstrukcji w sytuacjach awaryjnych. Różnorodne słupy przeszły pozytywnie badania poligonowe w skali rzeczywistej.

**Słowa kluczowe:** system awaryjnego przywracania pracy linii energetycznych, konstrukcje wsporcze linii energetycznych, konstrukcje stalowe, konstrukcje modułowe, napowietrzne linie elektroenergetyczne.

## 1. Wprowadzenie

Rządowe Centrum Bezpieczeństwa klasyfikuje zaopatrzenie w energię jako priorytetowy element Systemu Infrastruktury Krytycznej. Przesyłowe i dystrybucyjne linie prądu elektrycznego pełnią podstawową rolę w tym systemie decydującym o funkcjonowaniu współczesnej gospodarki, usług oraz pojedynczych gospodarstw domowych. Ze względu na pełnioną rolę każda linia przesyłowa i duża część linii dystrybucyjnych musi charakteryzować się wysoką niezawodnością gwarantującą ciągłość jej funkcjonowania.

Linie elektroenergetyczne są poddane wpływom oddziaływań środowiskowych – wiatru, oblodzenia, temperatury. W każdych warunkach oddziaływania te mają charakter dominujący.

---

\*Autor do korespondencji: leszek.szojda@polsl.pl

Ponieważ wszystkie wymienione wyżej czynniki mają charakter losowy, to możliwość prognozowania stanów obciążeń konstrukcji jest trudniejsza, a przez to zwiększa się prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji awaryjnych. Do tego dochodzą jeszcze sytuacje wyjątkowe, do których zalicza się: zerwanie przewodu, nadmierne osiadanie fundamentu, np. spowodowane podtopieniami itp. W przypadku wystąpienia awarii linii lub konstrukcji wsporczych pojawiają się poważne komplikacje w przesyłce energii, wymagające zwykle błyskawicznej reakcji wraz z wyborem metody ich usunięcia lub znalezienia tymczasowych środków zaradczych.

W praktyce często występują również sytuacje, gdzie linia wymaga czasowego wyłączenia ze względu na prace modernizacyjne, remontowe lub gdy w istniejącej lokalizacji koliduje z nowymi inwestycjami i z tego względu musi zostać okresowo zastąpiona przez linię tymczasową.

Każda taka, zaplanowana czy niezaplanowana, przerwa w dostawie energii wiąże się z wysokimi odszkodowaniami obciążającymi firmy energetyczne lub z wysokimi opłatami ponoszonymi przez podmioty występujące o takie wyłączenie. Ponieważ konsekwencje oraz koszty są bezpośrednio związane z czasem wyłączenia linii istnieje zapotrzebowanie na system, pozwalający możliwie szybko odtworzyć funkcjonowanie danego odcinka linii elektroenergetycznej.

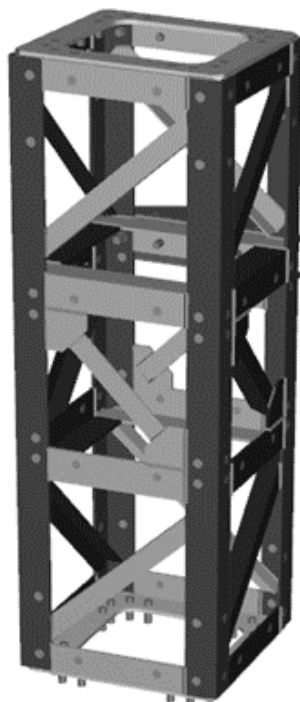
Wdrożenie systemu jest istotne, zwłaszcza gdy weźmie się pod uwagę obecny stan techniczny linii elektroenergetycznych, ich wiek oraz rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną. Skrócenie czasu występowania przerw w zasilaniu energią elektryczną pozwala obniżyć ryzyko emisji szkodliwych substancji w przemyśle, a także zagrożenia życia ludzi w przemyśle i życiu codziennym. Niebagatelna jest również korzyść związana ze zmniejszeniem strat w przesyłce energii elektrycznej i emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery, do których dochodziłoby przy długotrwałym wykorzystaniu alternatywnych linii o większej długości.

Powyższe powody stały się podstawą do opracowania systemu określonego jako UMKW (Uniwersalne Modułowe Konstrukcje Wsporcze), przeznaczonego do budowy tymczasowych odcinków linii energetycznych. Zastosowanie prefabrykowanych kratowych modułów stalowych o niewielkich gabarytach umożliwia wykonanie różnorodnych konstrukcji wsporczych w krótkim czasie i w różnych, często trudnych, lokalizacjach. System został dostosowany do obowiązujących w Polsce wymagań w zakresie projektowania linii energetycznych, zarówno w kwestii obciążeń, jak i wymagań elektrycznych. Kompleksowe prace badawczo-rozwojowe nad systemem UMKW rozpoczęły się w 2018 roku wraz z uzyskaniem finansowania w ramach projektu [1]. System został wdrożony i doczekał się już kilku realizacji i został nagrodzony złotym medalem na największych w Polsce targach energetycznych Energetab w 2020 roku [2].

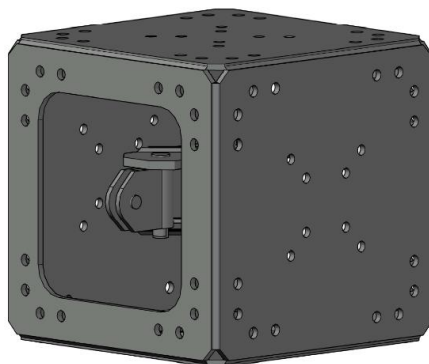
## 2. Elementy systemu UMKW

Głównymi elementami systemu UMKW są dwa typy prefabrykowanych przestrzennych kratownic o przekroju poprzecznym 0,5' 0,5 m i długościach odpowiednio 1,5 i 3,0 m. W tych gotowych elementach krawężniki oraz przepony wykonane są z kątowników równoramiennych L80' 80' 8, a skratowania z kątowników L50' 50' 5. Trzeci wchodzący w skład systemu moduł jest elementem sześciennym o boku długości 0,50 m. W odróżnieniu od dwóch pozostałych, jest on silnie zabudowany i tylko dwie spośród 6 ścian są ażurowe. Jednostkowy ciężar tego najmniejszego modułu jest więc wyraźnie większy. Wynika to z dwóch specyficznych funkcji pełnionych przez ten moduł. Służy on do kształtowania węzłów systemu (np. połączenia trzonu z rygłem lub rygla z wieżyczką odgromową) oraz do mocowania izolatorów. W związku z tą drugą funkcją, wewnątrz elementu jest tak skonstruowane, aby

można było do niego dołączyć zarówno izolatory przelotowe, jak i odciągowe, równocześnie zapewniając nieskrępowaną możliwość ich obrotu. Pojawiające się lokalnie duże obciążenia pochodzące od przewodów wymusiły zaprojektowanie elementu o większej sztywności przestrzennej i właściwie dobranej nośności. Oprócz klasycznych metod obliczeniowych, do sprawdzenia poprawności ukształtowania tego elementu wspomagano się analizą MES z użyciem elementów powierzchniowych. Połączenia elementów w obrębie pojedynczego modułu są spawane. Kratowy moduł o długości 1,5 m oraz element sześcienny pokazane zostały na rysunkach nr 1 i 2.



Rys. 1. Podstawowy moduł kratowy o długości 1,5 m i wymiarach podstawy 0,5´0,5 m.



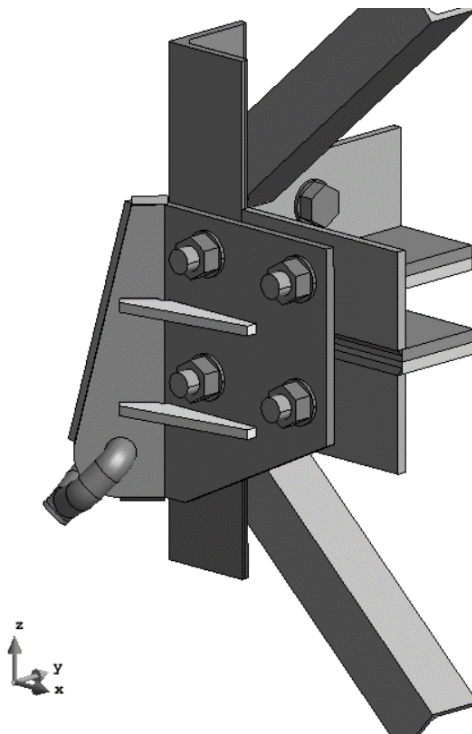
Rys. 2. Sześcienny moduł łączeniowy do mocowania osprzętu.

Wszystkie elementy systemu można łączyć ze sobą wzajemnie za pomocą śrub, tworząc konstrukcje wsporcze o wysokości nawet ponad 40 m. Oprócz tradycyjnych w systemach ERS

układów jednotrzonowych (tzw. szpilek), przy użyciu wymienionych trzech modułów można kształtować również układy ramowe (patrz opis w punkcie 3).

Ze względu na fakt, że słupy systemu UMKW mogą być stosowane w trudnodostępnych terenach niezbędnym jest zagwarantowanie łatwości transportu i montażu poszczególnych elementów w rejon posadowienia za pomocą lekkich środków transportowych lub pewnych przypadkach ręcznie.

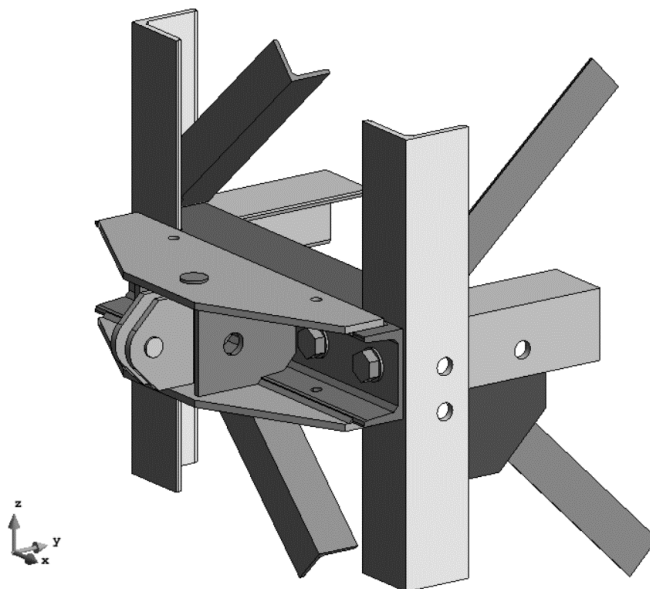
Oprócz proporcjonalnie dużych elementów modułowych, w skład systemu wchodzi również mniejsze gabarytowo elementy wyposażenia służące między innymi do przyłączania do konstrukcji odciągów linowych i izolatorów. W typowym rozwiązaniu odciągi łączone są za pośrednictwem gotowego elementu do pojedynczego krawężnika w poziomie przepony. Kształt elementu łącznikowego wymusza takie mocowanie odciągów aby odchodziły od naroży trzonu wzdłuż jego przekątnej (w płaszczyźnie poziomej). Kąt między odciągami a konstrukcją w płaszczyźnie pionowej może być dobierany z dużą dowolnością w granicach pomiędzy  $30^\circ$  a  $60^\circ$ . Umieszczenie w standardowych modułach o wysokości 1,5 m przepon poziomych co 0,5 m definiuje potencjalną lokalizację odciągów. Model opisanego wyżej elementu łącznikowego pokazano na rysunku 3.



Rys. 3. Połączenie elementu mocującego odciąg do krawężnika modułów kratowych.

W systemie UMKW przewidziano i zaprojektowano również akcesoria umożliwiające przyłączanie odciągów i izolatorów do rygli ram portalowych w słupach końcowych. Ten typ elementu łącznikowego pozwala mocować odciąg do poziomej krawędzi rygla.

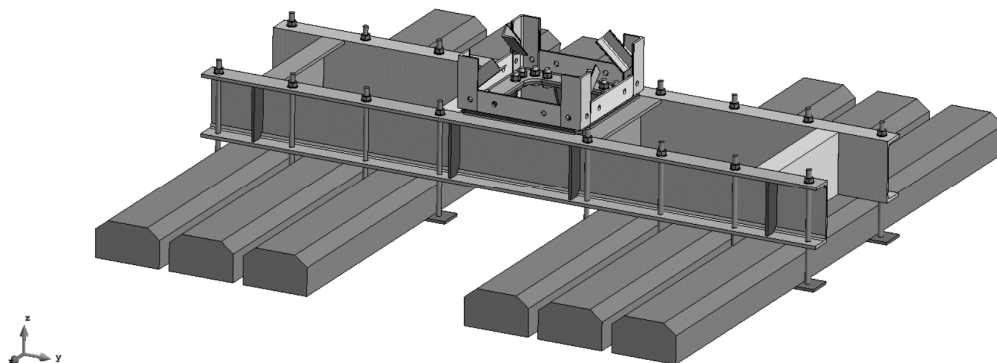
Inny rodzaj elementu łącznikowego pokazano na rysunku 4. W swoim standardowym zastosowaniu służy on do mocowania jednego z ramion izolatora w płaszczyźnie osi trzonu. Łączy on sąsiadujące ze sobą krawężniki w poziomie przepony i w zależności od potrzeb może być umieszczany poziomo (gdy mocowany do trzonu) lub pionowo (gdy mocowany do rygla).



Rys. 4. Element mocujący wyposażenie linii do modułów kratowych.

Posadowienie tymczasowych konstrukcji systemu UMKW nie jest realizowane za pomocą typowych stałych fundamentów żelbetowych. Ze względu na wymagany krótki czas montażu oraz proporcjonalnie niewielkie obciążenia pionowe słup mocuje się do stalowo-drewnianego rusztu fundamentowego ułożonego bezpośrednio na powierzchni terenu. Trzon konstrukcji jest łączony z wykonaną ze stali górną częścią tego rusztu, natomiast za rozłożenie obciążenia na większą powierzchnię podłoża odpowiadają drewniane podkłady kolejowe stanowiące jego dolną część. W ten sposób redukuje się naprężenia pionowe do wartości nieprzekraczających 100 kPa. Takie rozwiązanie umożliwia umieszczenie konstrukcji systemu UMKW niemal w każdych warunkach terenowych i przed ich ustawieniem wymagane jest jedynie zdjęcie warstwy humusu. Widok podstawy trzonu pokazano na rysunku 5.

Uzupełnieniem trzech podstawowych elementów przestrzennych jest dopasowany do nich element, którego zasadniczą częścią jest przegub kulowy. Stanowi on integralną część systemu UMKW i jest stosowany jako jeden z alternatywnych sposobów łączenia trzonu z fundamentem.



Rys. 5. Ruszt w podstawie trzonu konstrukcji UMKW.

Ze względu na dużą wysokość konstrukcji wsporczych i duże siły poziome wynikające z naciągu przewodów głównym problemem jest przejście tych sił i zapewnienie stateczności konstrukcji. W systemie UMKW przewidywane są dwa podstawowe sposoby realizacji tego celu. Pierwsze rozwiązanie polega na powiązaniu odciągów z podłożem za pomocą wkręcanych kotew gruntowych. W niekorzystnych warunkach gruntowych stateczność konstrukcji jest zapewniana z dodatkowym wykorzystaniem betonowych, prefabrykowanych bloków.

### 3. Charakterystyka systemu UMKW

Uniwersalne Modułowe Konstrukcje Wsporcze (UMKW) są systemem klasyfikowanym w energetyce do grupy rozwiązań określanych mianem ERS (*Emergency Restoration System*). Warto zwrócić uwagę, że koncepcja każdego systemu ERS musi, oprócz wymagań o charakterze technicznym, brać pod uwagę kwestie związane z transportem, składowaniem, montażem oraz ekonomią. Wymagany krótki czas pomiędzy momentem wystąpienia awarii i jej usunięciem sprawia, że elementy systemu UMKW muszą być już wcześniej dostępne w odpowiedniej ilości. Różnorodność słupów energetycznych powoduje, że operator nie jest w stanie dysponować pełnym asortymentem słupów zapasowych tożsamy z stosowanymi na zarządzanych przez niego liniach. Jest to niemożliwe głównie ze względów finansowych. Systemy ERS muszą więc oferować większą uniwersalność, którą uzyskuje się dzięki niewielkiej liczbie powtarzalnych modułów możliwych do łączenia w dowolnych konfiguracjach. W efekcie można ukształtować słupy o wysokości nawet powyżej 40 metrów, z dużą elastycznością dobierając punkty zawieszenia przewodów. Ogólna koncepcja polega na wydzieleniu w obrębie słupa dwóch głównych części:

- górnej części słupa (głowicy) w obrębie której rozmieszczone są przewody z zachowaniem wymogów elektrycznych (odstępów izolacyjnych właściwych dla danego napięcia linii oraz poziomu obostrzenia),
- dolnej części słupa, zapewniającej usytuowanie głowicy na odpowiedniej wysokości nad terenem i dobieranej w zależności od: rozpiętości przęseł (zwisu przewodów), ukształtowania terenu i występujących przeszkód (drogi, budynki itp.).

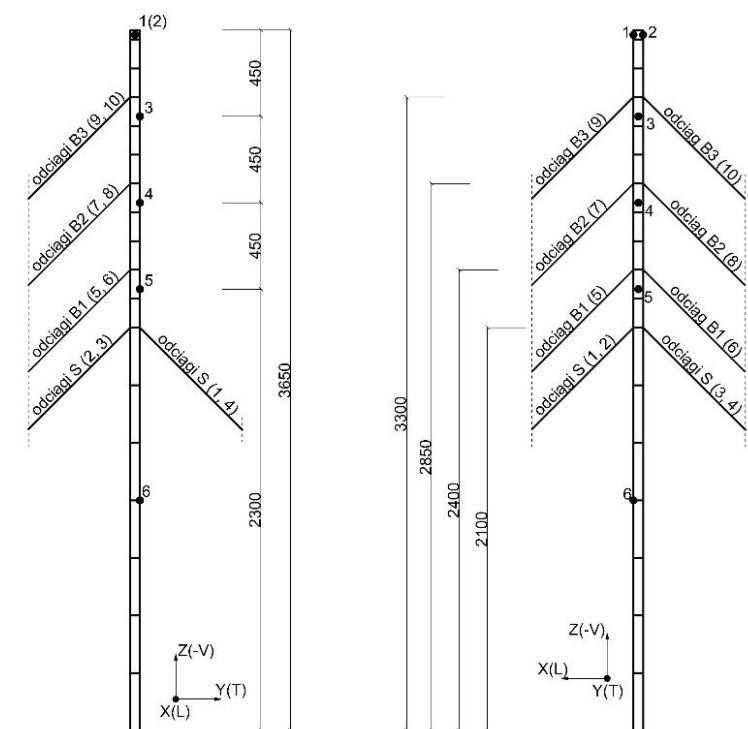
Te same moduły wykorzystywane są zarówno do montażu słupów przelotowych, jak i mocnych (odporowo-naroznych, i krańcowych itp.). Dzięki tej uniwersalności całkowita liczba składowanych i dostępnych w każdej chwili modułów do budowy słupów może być relatywnie niewielka w odniesieniu do różnorodności zastępowanych konstrukcji. Przyjęcie takiego założenia wynikało z możliwości praktycznego wdrożenia systemu i w dużym stopniu usankcjonowane było względami ekonomicznymi.

Należy jednak mieć na uwadze, że wartości sił działających na konstrukcje wsporcze są silnie zależne od funkcji pełnionej przez słup, liczby, rodzaju i naciągu wstępnego przewodów, wysokości ich zawieszenia, rozpiętości przęseł, kąta odchylenia trasy linii itp. Biorąc pod uwagę tak dużą liczbę czynników oczywistym jest, że konstrukcja o narzuconym przekroju poprzecznym (gabarytach i stosowanych profilach) nie byłaby w stanie spełniać wymagań związanych z nośnością i sztywnością. Kluczową rolę w systemie UMKW pełnią więc odciągi. Aktualnie używany jest jeden typ liny o średnicy 16 mm. Konstrukcję wsporczą dostosowuje się do układu oddziaływań głównie przez dobór liczby odciągów i ich lokalizację.

Podstawową różnicą między masztami stosowanymi w telekomunikacji i słupami systemu UMKW jest wielkość i asymetria obciążeń. W masztach telekomunikacyjnych dominuje obciążenie trzonu wiatrem, a w słupach linii elektroenergetycznych jest nim oddziaływanie przewodów. Jeżeli kąt odchylenia trasy od linii prostej przekracza kilkanaście stopni, wtedy siła wypadkowa przewodów z dwóch przyległych przęseł jest w każdym układzie oddziaływań zwrócona na zewnątrz słupa. W takiej konfiguracji w najniższym poziomie stosuje się

symetryczny układ 4 odciągów stabilizujących. Mają one swoje znaczenie zarówno w fazie eksploatacyjnej, jak i są niezbędne w początkowej fazie montażu. Pozostałe odciągi zaczepione są wyżej i zwykle tworzą pary mocowane do dwóch krawędzi trzonu po przeciwnej stronie w stosunku do punktów zawieszenia izolatorów. Ich podstawową funkcją jest równoważenie sił wypadkowych wywołanych naciągiem par przewodów dochodzących do słupa z przylegających do niego przęseł i określane są mianem odciągów odciążających. Liczba tych odciągów jest pochodną wielkości sił z przewodów i wysokości konstrukcji wsporczej.

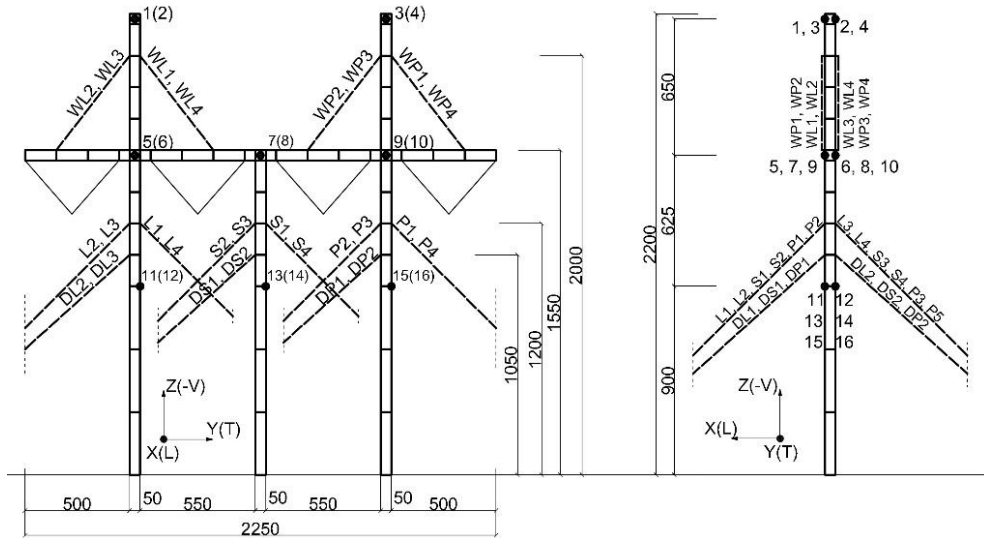
Jednotrzonowe słupy systemu UMKW (tzw. szpilki, rys. 6) stosowane są najczęściej w jednotorowych liniach o napięciu 110 i 220 kV. W liniach 400 kV oraz w silnie obciążonych słupach linii o napięciu 220 kV (słupy krańcowe, słupy w miejscu znacznego załomu trasy) alternatywą są ramy portalowe (rys. 7) z izolatorami mocowanymi wyłącznie do rygła lub równocześnie trzonu i rygła. Do wykonania ram używane są te same uniwersalne moduły. Konfiguracja odciągów jest w nich zwykle bardziej złożona i dostosowywana do indywidualnych wymagań wytrzymałościowych. W niektórych rozwiązaniach, oprócz odciągów łączących konstrukcję z podłożem, stosowane są ciągną wewnętrzne, używane na przykład do podwieszenia rygła do wieżyczki odgromowej w celu zredukowania sił wewnętrznych w ryglu i/lub zmniejszenia jego odkształceń.



Rys. 6. Sylwetka jednotrzonowego słupa odporowo-naróżnego UMKW dla pionowego układu przewodów linii 110 kV przy załomie trasy do 90° (z punktami przyłożenia obciążeń w badaniach poligonowych).

Moduły oraz akcesoria systemu UMKW są wykonane ze stali. Choć funkcjonujące na rynku konstrukcje wsporcze systemów ERS są często wykonywane z aluminium, to jednak o wyborze stali zadecydowały głównie dwa aspekty: niższa cena materiału i większa odporność na uszkodzenia mechaniczne podczas montażu/demontażu. Dzięki temu zwiększa się trwałość

modułów, co pozwala wykorzystywać je wielokrotnie i w dłuższym okresie czasu obniża koszt utrzymania systemu, równocześnie poprawiając jego konkurencyjność na rynku.



Rys. 7. Sylwetka ramy portalowej systemu UMKW z punktami przyłożenia obciążeń w badaniach poligonowych dla płaskiego układu przewodów linii 220 kV z załomem trasy do 150°.

System UMKW to nie tylko rozwiązanie konstrukcyjne dostosowane do budowy tymczasowych linii elektroenergetycznych. Po wykonaniu wielu obliczeń wstępnych przyjęta została ogólna koncepcja rozwiązania konstrukcyjnego, a następnie wykonano kompletną analizę statyczno-wytrzymałościową ponad 500 układów różniących się funkcją słupa, rozpiętością przęsła, kątem zwrotu trasy, wysokością zawieszenia przewodów i napięciem znamionowym linii (głównie dla linii 110 kV). Analizy obejmowały wyznaczenie sił dla normowych układów oddziaływań według normy PN-EN 50341-1:2013 [4] oraz PN-EN 50341-3-22:2010 [5], indywidualny dobór układu odciągów, obliczenia statyczne uzupełnione obliczeniami wytrzymałościowymi modułów, odciągów i osprzętu. Obliczenia zostały wykonane w biurze specjalizującym się w projektowaniu linii elektroenergetycznych. Analizę statyczną przewodów przeprowadzono przy użyciu własnych narzędzi do określania sił działających na słupy. Z kolei do obliczeń statycznych konstrukcji wsporczych posłużono się programem Tower [3], stanowiącym część kompleksowego systemu do projektowania linii elektroenergetycznych PLS-CADD. Wyniki tych wszystkich analiz pozwoliły utworzyć bazę danych zawierającą informacje na temat gotowych rozwiązań. Poszczególne rekordy w tej bazie zawierają komplet danych na temat pojedynczej konstrukcji (układ modułów, liczbę, lokalizację i naciąg wstępny odciągów itp.) oraz ekstremalne siły w prętach, odciągach wraz z przemieszczeniami wierzchołka słupa dla najniekorzystniejszych normowych układów oddziaływań.

Aby ułatwić przeglądanie bazy danych specjalnie do tego celu został przygotowany program komputerowy UMKW-Baza. Umożliwia on nie tylko szybkie przeglądanie tych rozwiązań, ale jest również wyposażony w opcję przeszukiwania bazy pod kątem doboru właściwej konstrukcji wsporczej przez porównanie warunków w danej lokalizacji z konstrukcjami w bazie. Program umożliwia również kompletację elementów systemu UMKW niezbędnych do montażu konstrukcji. Opracowanie programu UMKW-Baza poprzedzone przeliczeniem dużej liczby konfiguracji układów UMKW związane było z dążeniem do skrócenia do minimum czasu doboru właściwej konstrukcji po uzyskaniu powiadomienia o awarii.



#### 4. Badania konstrukcji UMKW w skali naturalnej

Wymogiem stawianym wszystkim nowo projektowanym sylwetkom słupów linii elektroenergetycznych jest wykonanie badań w skali rzeczywistej. Ich przebieg i zakres objęty jest wymaganiami normy europejskiej PN-EN 60652:2006 [6]. Modułowe konstrukcje wsporcze UMKW przeszły pozytywnie tego typu badania na poligonie firmy Elektromontaj SA Tower Testing Laboratory w Bukareszcie, w jednym z dwóch aktualnie funkcjonujących w Europie laboratoriów przystosowanym do testowania słupów linii elektroenergetycznych. Cykl badań obejmował 6 słupów różniących się sylwetką (słupy jednotrzonowe i ramy portalowe) i układem odciągów. Założeniem przyjętym przy doborze sylwetek słupów do badań była ich różnorodność wynikająca z funkcji słupa, napięcia i kąta zwrotu linii (obciążeń). Ostatecznie przeprowadzono badania 2 słupów przeznaczonych do linii 110 kV (jednego przelotowego SZP178 i jednego przelotowo-narożnego SZPN90), 2 słupów 220 kV (przelotowo-narożnego SZPN90 i ramy portalowej odporowo-narożnej PM150) oraz dwóch kolejnych układów dla napięcia 400 kV. Podane wyżej symbole liczbowe odpowiadają wewnętrznemu kątowi załomu trasy, dla którego określono oddziaływania. Fotografię jednego z badanych słupów przed badaniem pokazano na rysunku 8, a w trakcie badania na rysunku 9. Schemat przyłożenia obciążeń do konstrukcji słupa SZPN90 dla linii 110 kV w badaniach poligonowych przedstawiono na rysunku 6, a dla ramy portalowej PM150 dla linii 400 kV na rysunku 7.



Rys. 8. Jednotrzonowy słup UMKW przygotowany do badań w skali naturalnej.

Zgodnie z zalecaną w normie [6] procedurą każdy słup poddawany był trzem wyselekcjonowanym układom oddziaływań prowadzącym do znacznego wyężenia konstrukcji. Na poligonie poszczególne składowe obciążenia przykładane były za pomocą odciągów linowych, a aparatura kontrolno-pomiarowa odpowiadała za koordynację wartości tych oddziaływań w czasie i ich korektę wymaganą ze względu na odkształcenia konstrukcji. Układy oddziaływań zostały wytypowane po uprzednim przeprowadzeniu obliczeń statyczno-wytrzymałościowych. Na podstawie tych obliczeń przygotowane zostały indywidualne programy

badania. W przypadku każdego ze słupów, ostatni realizowany układ oddziaływań odpowiadał układowi normowemu prowadzącemu do największego wyężenie elementów konstrukcji stalowej lub odciągów. Badania poligonowe prowadzone było aż do osiągnięcia 100% normowego obciążenia o wartościach obliczeniowych. Podsumowaniem tego etapu badań była weryfikacja wyników obliczeń w zakresie przemieszczeń mierzonych na poligonie metodami geodezyjnymi oraz wartości sił w odciągach kontrolowanych w sposób ciągły z użyciem siłomierzy połączonych z aparaturą sterującą procesem obciążania konstrukcji.



Rys. 9. Fotografia jednostronowego słupa UMKW podczas badań w skali naturalnej.

## 5. Podsumowanie

Uniwersalne Modułowe Konstrukcje Wsporcze UMKW są systemem przygotowanym do stosowania w przypadku konieczności zapewnienia ciągłego przesyłu prądu liniami

elektroenergetycznymi w sytuacjach awaryjnych lub remontowych. System został opracowany dla linii przesyłowych i dystrybucyjnych o napięciach 110, 220 i 400 kV. Podstawową zaletą systemu jest możliwość zestawienia potrzebnych konstrukcji wsporczych w krótkim czasie. Przyjęte rozwiązania konstrukcyjne zapewniają stosowanie słupów systemu UMKW do zastąpienia bardzo różnych słupów nawet w trudnych warunkach terenowych.

Kilkuletnie prace koncepcyjne, projektowe i analityczne w połączeniu z różnorodnymi badaniami poligonowymi oraz pracami nad rozwojem oprogramowania przyczyniły się do powstania pierwszego polskiego kompleksowego systemu tymczasowych konstrukcji wsporczych. Po szerszym jego wdrożeniu można liczyć, że przyczyni się on do skrócenia czasu odtworzenia sprawności funkcjonowania linii elektroenergetycznych w sytuacjach awaryjnych. Pierwsze realizacje i zainteresowanie środowiska energetycznego są dobrą przesłanką pozwalającą oczekiwać wzrostu popularności systemu.

Prace rozwojowe systemu UMKW zostały sfinansowane w ramach grantu nr POIR.01.01.01-00-0792/17 Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014 – 2020, działanie 1.1/poddziałanie 1.1.1.



Fundusze Europejskie



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Europejskie Fundusze  
Strukturalne i Inwestycyjne



## Literatura

1. Projekt POIR.01.01.01-00-0792/17 „Prace badawczo-rozwojowe nad kompleksowym systemem Emergency Restoration System na potrzeby krajowego rynku elektroenergetycznego w oparciu o technologię Uniwersalnych Modułowych Konstrukcji Wsporczych” ARINET Sp. z o.o., 2017,
2. Górecki P., Kapłański G., Kowalczyk G., Włodarczyk K.: Złoty Medal Targów Energetab 2020 dla polskiego systemu linii tymczasowych 110 kV, 220 kV i 400 kV. Wiadomości Energetyczne, Rok LXXXVIII 2020 nr 11, s. 35–38,
3. Power Line Systems Inc: Tower – Analysis and Design of Steel Latticed Towers Used in Transmission and Communication Facilities, Power Line Systems Inc., Madison, U.S.A.,
4. PN-EN 50341-1: 2013 – Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV. Część 1: Wymagania ogólne. Specyfikacje wspólne.
5. PN-EN 50341-3-22:2010: Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45 kV, Część 3: Zbiór normatywnych warunków krajowych, PKN Warszawa 2010,
6. PN-EN 60652:2006: Badania obciążeniowe konstrukcji wsporczych elektroenergetycznych linii napowietrznych, PKN Warszawa 2006.

## Universal modular support structures as an alternative of current transmission in emergency situations

**Summary:** System of the Universal Modular Support Structures (pl. UMKW) used for the construction of the high voltage steel towers supporting temporary power lines with a voltage of 110, 220 or 400 kV has been presented in this paper. The system is intended to be used in emergency situations, in the case of renovation works or in connection with investments temporarily colliding with the line. The temporary support structures of the UMKW system come in two variants – single-shaft structures and portal frames. Both types of systems are composed of rectangular steel lattice modules, which are the basic elements of the system. UMKW columns can be used in lines of various voltage, loads, etc. thanks to guys, adapting the structure to the existing requirements. The system does not provide for the use of classic foundations, and the global stability of the structure is ensured by the connection of the guy lines

to the ground using screw anchors or the use of ballast blocks. Preliminary analysis of hundreds of system variants and a computer application allow to shorten the time of selecting a structure in emergency situations. Few various towers built with use of UMKW modules have successfully passed the field tests of the real scale.

**Key words:** emergency restoration system for power lines, power line support structures, steel structures, modular structures, overhead power lines