

Strunobetonowe żerdzie wirowane w opracowaniach typizacyjnych i w praktycznym zastosowaniu

Mgr inż. Aleksander Arciszewski, mgr inż. Waldemar Kiwitt, PPU ELprojekt Sp. z o.o.,
mgr inż. Józef Jacek Zawodniak, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Strunobetonowe żerdzie wirowane typu E zostały wprowadzone w krajowych napowietrznych liniach elektroenergetycznych średnich i niskich napięć na początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku. Podstawą technologii produkcji żerdzi typu E były urządzenia zakupione w Czechosłowacji w latach siedemdziesiątych. Doświadczenia zdobyte na tzw. linii laboratoryjnej zamontowanej w latach 1987–89 w Instytucie Budownictwa Politechniki Wrocławskiej pozwoliły na opracowanie założeń do produkcji żerdzi wirowanych w wytwórniach krajowych. W latach 1990–97 linia laboratoryjna posłużyła również do produkcji wszystkich typów żerdzi wirowanych [1], ujętych najpierw w Świadectwie ITB Nr 899/92 dopuszczającym żerdzie E do stosowania w kraju, a następnie w Aprobacie Technicznej ITB Nr AT-15-3690/99.

Technologia produkcji strunobetonowych żerdzi wirowanych w formach nierozbieralnych pozwala na realizację bryły geometrycznej będącej stożkiem ściętym z otworem wewnętrznym wzdłuż osi. Do produkcji żerdzi wykorzystuje się beton sprężony klasy C40/50. Aby nadać żerdzi kształt stożka używa się kilku gotowych członów form stalowych o długości 1,5 m i zbieżności powierzchni wewnętrznej 15 mm/m, których wewnątrz podczas wirowania odwzorowuje zewnętrzny kształt żerdzi. W zależności od potrzeb, rury stożkowe łączy się

Tabela 1. Strunobetonowe żerdzie wirowane typu EPV–JCE produkcji czeskiej według albumu LSN-35/JCE Energoprojekt Poznań [2]

Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	Wymiary			Masa M [kg]	Producent
			L [m]	Dw [mm]	Do [mm]		
1	EPV - 9/3	300	9,0	180	305	757	Jihočeské Energetické Závody – Závod Sloupátna Majdalena u Třeboně
2	EPV - 9/6	600	9,0	250	370	1213	
3	EPV - 9/10	1000	9,0	250	370	1321	
4	EPV - 9/12	1200	9,0				
5	EPV - 10,5/3	300	10,5	180	320	1097	
6	EPV - 10,5/6	600	10,5	225	350	1456	
7	EPV - 10,5/10	1000	10,5	225	350	1544	
8	EPV - 10,5/12	1200	10,5	225	350	1554	
9	EPV - 12/3	300	12,0	180	335	1323	
10	EPV - 12/6	600	12,0	225	365	1726	
11	EPV - 12/10	1000	12,0	225	365	1872	
12	EPV - 12/12	1200	12,0	225	365	1890	

ze sobą w jedną całość, w celu uzyskania odpowiedniej długości żerdzi.

Zbrojenie żerdzi wirowanych typu E wykonuje się w postaci koszy, a następnie wsuwa się je do wnętrza formy. Struny z drutów 7,5 mm (które pełnią funkcję zbrojenia głównego) naciąga się grupowo siłownikiem hydraulicznym. Następnie formę wypełnia się betonem i rozpoczyna się proces wirowania, który ma na celu równomierne rozłożenie mieszanki betonowej na całym obwodzie formy i jej zagęszczenie. W trakcie procesu wirowania odprowadzane są z betonu substancje lekkie (nadmiar wody, powietrze, lekkie pyły). Grubość ścianki żerdzi jest uzależniona od ilości mieszanki betonowej rozłożonej na długości formy. Na następny dzień gotowy produkt po przyspieszonym wiązaniu betonu wyciąga się z formy.

2. Historia słupów wirowanych według albumów typizacyjnych

Pierwsze słupy z betonu wirowanego zastosowane w liniach nn i SN w 1990 roku na terenie Polski pochodziły z produkcji linii laboratoryjnej przy Instytucie Budownictwa Politechniki Wrocławskiej (kilka słupów zastosowano w linii nn przy jednej z ulic w Paczkowie i kilkadziesiąt w następujących stacjach transformatorowych według indywidualnych projektów Energoprojekt Poznań). W 1991 roku Energoprojekt Poznań pierwszy w Polsce wydał album na linie gołe średniego napięcia LSN 35–50 mm² [2], w którym zastosowano czechosłowackie (ściślej – czeskie) żerdzie wirowane typu EPV–JCE [2] (dystrybutorem żerdzi na terenie Polski był Centrostal S.A. Bydgoszcz) – tabela 1.

W czasie edycji albumu [2], żerdzie EPV–JCE produkcji czeskiej nie miały

Tabela 2. Polskie żerdzie wirowane typu E oraz czeskie EPV-JCE i słowackie EPV-ELV według albumu Lnn Tom I ELprojekt Poznań [3]

Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	Wymiary			Masa M [kg]	Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	Wymiary			Masa M [kg]	Wymiary			Masa M [kg]
			L [m]	Dw [mm]	Do [mm]					L [m]	Dw [mm]	Do [mm]		L [m]	Dw [mm]	Do [mm]	
1	E - 9/2,5	250	9,0	173	308	755	1	EPV - 9/3	300	9,0	180	305	757	9,0	180	308,5	770
2	E - 9/4,3c	430	9,0	173	308	835	2	EPV - 9/6	600	9,0	-	-	-	9,0	220	348,5	1140
3	E - 9/10	1000	9,0	218	353	1162	3	EPV - 9/10	1000	9,0	-	-	-	9,0	220	348,5	1370
4	E - 9/12	1200	9,0	218	353	1180	4	EPV - 9/12	1200	9,0	-	-	-	9,0	220	348,5	1380
5	E - 10,5/2,5	250	10,5	173	331	955	5	EPV - 10,5/3	300	10,5	180	320	1097	10,5	180	330	950
6	E - 10,5/4,3c	430	10,5	173	331	1058	6	EPV - 10,5/6	600	10,5	225	350	1456	10,5	220	370	1290
7	E - 10,5/10	1000	10,5	218	375,5	1460	7	EPV - 10,5/10	1000	10,5	225	350	1544	10,5	220	370	1570
8	E - 10,5/12	1200	10,5	218	375,5	1488	8	EPV - 10,5/12	1200	10,5	225	350	1554	10,5	220	370	1580
9	E - 12/2,5	250	12,0	173	353	1172	9	EPV - 12/3	300	12,0	180	335	1323	12	180	351,4	1280
10	E - 12/4,3c	430	12,0	173	353	1298	10	EPV - 12/6	600	12,0	225	365	1726	12	220	391,4	1540
11	E - 12/10	1000	12,0	218	398	1792	11	EPV - 12/10	1000	12,0	225	365	1872	12	220	391,4	1800
12	E - 12/12	1200	12,0	218	398	1830	12	EPV - 12/12	1200	12,0	225	365	1890	12	220	391,4	1810
Producent									Zavod Sloupama - JCE Majdalena					ELV. Senec			

Tabela 3. Polskie żerdzie wirowane typu E i słowackie typu ELV według albumu [5]

Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	Wymiary			Masa M [kg]	Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	Wymiary			Masa M [kg]
			L [m]	Dw [mm]	Do [mm]					L [m]	Dw [mm]	Do [mm]	
1	ELV - 10,5/3	350	10,5	180	330	950	9	ELV - 12/10	1000	12,0	220	391,4	1800
2	ELV - 10,5/6	600	10,5	220	370	1290	10	ELV - 12/12	1200	12,0	220	391,4	1810
3	ELV - 10,5/10	1000	10,5	220	370	1570	11	ELV - 12/13,5	1350	12,0	220	394	1800
4	ELV - 10,5/12	1200	10,5	220	370	1580	12	ELV - 12/17,5	1750	12,0	220	394	1800
5	ELV - 10,5/13,5	1350	10,5	220	373	1580	13	ELV - 13,5/3	350	13,5	180	413	1610
6	ELV - 10,5/17,5	1750	10,5	220	373	1580	14	ELV - 13,5/6	600	13,5	220	412,8	2085
7	ELV - 12/3	350	12	180	351,4	1280	15	ELV - 13,5/10	1000	13,5	220	412,8	2470
8	ELV - 12/6	600	12	220	391,4	1540	16	ELV - 13,5/12	1200	13,5	220	412,8	2530
Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	Wymiary			Masa M [kg]	Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	Wymiary			Masa M [kg]
Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	L [m]	Dw [mm]	Do [mm]					Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa PN [daN]	
1	E - 10,5/2,5	250	10,5	173	331	955	12	E - 12/15*	1500	12,0			
2	E - 10,5/4,3	430	10,5	173	331	1058	13	E - 13,5/2,5	250	13,5	173	375,5	1570
3	E - 10,5/6*	600	10,5	173	331	1255	14	E - 13,5/4,3	430	13,5	173	353	1570
4	E - 10,5/10	1000	10,5	218	375,5	1460	15	E - 13,5/6*	600	13,5			
5	E - 10,5/12	1200	10,5	218	375,5	1488	16	E - 13,5/10	1000	13,5	218	420,5	2162
6	E - 10,5/15*	1500	10,5				17	E - 13,5/12	1200	13,5	218	420,5	2212
7	E - 12/2,5	250	12,0	173	353	1172	18	E - 15/2,5	250	15,0	173	398	1730
8	E - 12/4,3	430	12,0	173	353	1298	19	E - 15/4,3	430	15,0	218	443	
9	E - 12/6*	600	12,0	173	353	1310	20	E - 15/10	1000	15,0	218	443	2750
10	E - 12/10	1000	12,0	218	398	1792	21	E - 15/12	1200	15,0	218	443	1298
11	E - 12/12	1200	12,0	218	398	1830							

świadczenia dopuszczenia do stosowania w Polsce, które uzyskano w terminie późniejszym (Świadczenie ITB Nr 338/92). W 1992 roku ELprojekt Poznań opracował katalog na linie niskiego napięcia Lnn z przewodami gołymi AL 25÷95 mm² [3], w którym wprowadzono, oprócz żerdzi EPV-JCE produkcji czeskiej, również strunobetonowe żerdzie typu E produkcji polskiej i EPV-ELV produkcji słowackiej.

Żerdzie strunobetonowe typu EPV produkcji czesko-słowackiej zostały dopuszczone do stosowania

w Polsce na podstawie Świadczenia ITB Nr 338/92. Zgodnie z przeprowadzonymi badaniami przez Instytut Budownictwa Politechniki Wrocławskiej oraz decyzją ITB Nr 338/93 (zastąpiła decyzję Nr 338/92), żerdzie typu EPV-JCE należało dostosować do wymagań Polskiej Normy PN-B-03265:1987 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Żelbetowe i sprężone konstrukcje wsporcze. Obliczenia statyczne i projektowanie, poprzez obniżenie sił użytkowych podanych w tabeli 2 o około 15%.

W albumie [3] podano, że słupy mocne realizowane jako zblźniaczone mogą być obciążone siłą wypadkową równą podwójnej wartości siły użytkowej. Natomiast słupy podwójne zespolone wykonane z żerdzi o sile użytkowej 10 kN każda mogą być obciążone wypadkową siłą 30 kN w płaszczyźnie zespolenia (oczywiście po wykonaniu połączenia słupów zgodnie z dokumentacją gwarantującą takie zespolenie), a w płaszczyźnie prostopadłej – tylko 20 kN.

Pierwszym katalogiem dla linii średniego napięcia opracowanym przez

Tabela 4. Krajowe żerdzie wirowane typu „E” według albumów LSNS 35÷50, LSNS 70(50) i LSNS 120(70)(240) [7, 8, 9]

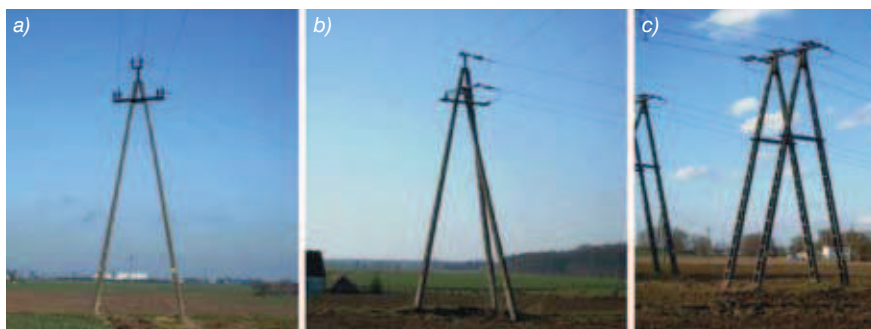
Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa Pu [kN]	Wymiary			Masa [kg]	Lp.	Typ żerdzi	Siła użytkowa Pu [kN]	Wymiary			Masa [kg]
			L [m]	Dw [mm]	Dp [mm]					L [m]	Dw [mm]	Dp [mm]	
1	E - 10,5/2,5	2,5	10,5	173	330	1050	28	E - 13,5/12	12	13,5	218	420	2260
2	E - 10,5/4,3	4,3	10,5	173	330	1055	29	E - 13,5/15c	15	13,5	240	443	2515
3	E - 10,5/6c	6	10,5	173	330	1055	30	E - 13,5/15	15	13,5	263	465	2680
4	E - 10,5/6	6	10,5	218	375	1310	31	E - 13,5/17,5	17,5	13,5	263	465	2735
5	E - 10,5/10	10	10,5	218	375	1460	32	E - 13,5/20	20	13,5	263	465	2775
6	E - 10,5/12	12	10,5	218	375	1485	33	E - 13,5/25	25	13,5	263	465	2795
7	E - 10,5/15c	15	10,5	240	398	1635	34	E - 15/2,5	2,5	15	173	398	1690
8	E - 10,5/15	15	10,5	263	420	1765	35	E - 15/4,3c	4,3	15	173	398	1915
9	E - 10,5/17,5	17,5	10,5	263	420	1795	36	E - 15/4,3	4,3	15	218	443	2140
10	E - 10,5/20	20	10,5	263	420	1825	37	E - 15/6	6	15	218	443	2180
11	E - 10,5/25	25	10,5	263	420	1900	38	E - 15/10	10	15	218	443	2570
12	E - 12/2,5	2,5	12	173	353	1170	39	E - 15/12	12	15	218	443	2675
13	E - 12/4,3	4,3	12	173	353	1295	40	E - 15/15	15	15	263	488	2925
14	E - 12/6c	6	12	173	353	1300	41	E - 15/17,5	17,5	15	263	488	3230
15	E - 12/6	6	12	218	398	1605	42	E - 15/20	20	15	263	488	3305
16	E - 12/10	10	12	218	398	1790	43	E - 15/25	25	15	263	488	3395
17	E - 12/12	12	12	218	398	1830	44	E - 16,5/4,3	4,3	16,5	218	465	2525
18	E - 12/15c	15	12	240	420	2010	45	E - 16,5/6	6	16,5	218	465	2533
19	E - 12/15	15	12	263	443	2210	46	E - 16,5/12c	12	16,5	240	488	3370
20	E - 12/17,5	17,5	12	263	443	2225	47	E - 16,5/12	12	16,5	263	510	3620
21	E - 12/20	20	12	263	443	2275	48	E - 16,5/15	15	16,5	263	510	3620
22	E - 12/25	25	12	263	443	2395	49	E - 18/4,3	4,3	18	218	488	2785
23	E - 13,5/2,5	2,5	13,5	173	375	1495	50	E - 18/6	6	18	218	488	2885
24	E - 13,5/4,3c	4,3	13,5	173	375	1570	51	E - 18/12c	12	18	240	510	4230
25	E - 13,5/4,3	4,3	13,5	218	420	1810	52	E - 18/12	12	18	263	533	4530
26	E - 13,5/6	6	13,5	218	420	1890	53	E - 18/15	15	18	263	533	4570
27	E - 13,5/10	10	13,5	218	420	2210							

PPU ELprojekt Sp. z o.o. był Albumem Linii Napowietrznych Średniego Napięcia 15÷20 kV z przewodami AFL6 – 120(70) mm² na żerdziach strunobetonowych wirowanych typu EPV i E [4]. W opisie technicznym do albumu [4] dotyczącym żerdzi wirowanych dla linii SN, podano informację, że żerdzie E i EPV o długościach od 10,5 do 13,5 m posiadają świadectwo ITB nr 899/92 (żerdzie polskie E) i nr 338/92 (żerdzie czeskosłowackie) dopuszczające je do stosowania na obszarze Polski. Żerdzie o długości 13,5 typu EPV-ELV z chwilą wydania albumu [4] były w trakcie badań. Dane techniczne tych żerdzi były identyczne jak w albumie następnym [5] – tabela 3.

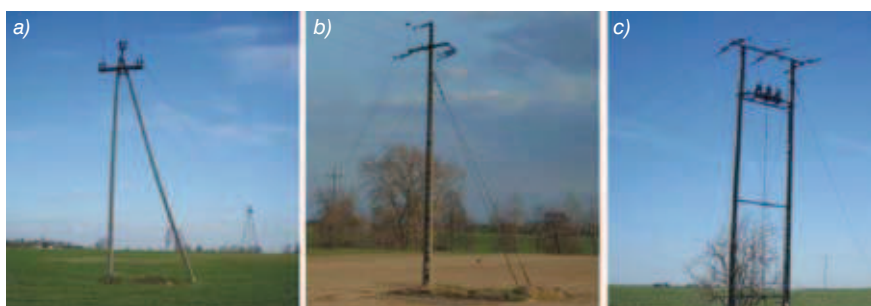
Albumy z lat 1993–95, które wykorzystywano do projektowania napowietrznych linii elektroenergetycznych SN i nn na strunobetonowych żerdziach wirowanych nie przyniosły zmiany w długościach i siłach użytkowych żerdzi. Dopiero wydanie w 1996 i 1997 roku albumu średniego napięcia 15÷20 kV [5] z przewodami gołymi na żerdziach wirowanych wprowadziły nowe długości żerdzi strunobetonowych typu E13,5 i E15 produkowanych w kraju na linii laboratoryjnej i EPV-ELV-13,5 produkowane na Słowacji [5] (tab. 3). W albumie [6] w liniach SN dla przewodów AFL-6 o przekrojach 35 i 50 mm² zastosowano słupy jednożerdziowe, a na przewody 70 i 50 mm² użyto słupy pojedyncze i podwójne.

Siły użytkowe słupów podwójnych zespolonych, stosowanych zależnie od funkcji w linii, wynoszą do 26 kN [6].

Po 2000 roku uruchomiono w kraju produkcję żerdzi mocnych o siłach wierzchołkowych do 25 kN i długościach do 15 m. Rozpoczęła się również produkcja żerdzi o długościach 16,5 i 18 m z siłami użytkowymi do 15 kN. Słupy te wprowadzono do albumu linii napowietrznych SN z przewodami niepełnoizolowanymi, na żerdziach wirowanych LSNi 50÷120 [6]. W katalogu [6] oraz nowych [7, 8, 9] umieszczono żerdzie wirowane nowego producenta Strunobet-Migacz Sp. z o.o, który obecnie jest wiodącym producentem żerdzi elektroenergetycznych w Polsce.



Rys. 1. Widok słupów funkcyjnych linii SN [11]: a) A-owy, b) trójnóg, c) czwór- nóg



Rys. 2. Widok słupów funkcyjnych linii SN [14]: a) słup z podporą, b) słup z odciągami, c) słup bramkowy

W albumie LSNS 35÷50 [7] zastosowano żerdzie pojedyncze o różnych dopuszczalnych siłach użytkowych. W albumach LSNS 70(50) [8] i LSNS 120(70)(240) [9] słupy przelotowe zaprojektowano jako pojedyncze, a funkcyjne (mocne) z pojedynczych lub zblizniaczonych żerdzi o podwojonej nośności użytkowej.

W najnowszym albumie opracowywanym przez PPU ELprojekt Sp. z o.o. dla linii izolowanych niskiego napięcia LnniS na przewody o przekrojach od 25 do 120 mm², użyto żerdzie o długościach 9÷12 m. Słupy o większych długościach stosuje się w bardzo małej liczbie, więc nie ujęto ich w albumach, ale projektant ma prawo stosować takie słupy w nietypowych sytuacjach. Dla słupów przelotowych wprowadzono żerdzie wirowane o średnicy w szczycie $d_w = 150$ mm i długościach 9,0; 10,5 i 12,0 m i siłach użytkowych 2,5 i 3,5 kN. Żerdzie te z powodzeniem zastępują wysłużone wiekowo i technologicznie żerdzie typu ŻN, szczególnie, że ich waga i cena jest bardzo zbliżona do żerdzi ŻN. Za żerdziami wirowanymi przemawia

ponadto uniwersalność i siła użytkowa jednakowa w każdym kierunku. Kolejną nowością w nowym albumie są żerdzie wirowane o siłach użytkowych 30 i 35 kN i średnicy wierzchołka 308 mm. Słupy te zostały dopuszczone na rynek krajowy na podstawie decyzji ITB wydającej Certyfikat Zakładowej Kontroli Produkcji CPD-1488-0154 z 17.07.2009 r. Obecnie trwają prace nad albumami, w których będą stosowane żerdzie o długości od 10,5 do 18 m i siłach użytkowych od 2,5 do 35 kN, przy czym żerdzie o długości do 13,5 m zaprojektowane są na siły użytkowe do 35 kN, a żerdzie dłuższe – na siły użytkowe do 25 kN.

3. Aspekty praktyczne

W ubiegłym wieku w budownictwie sieciowym powszechnie stosowano żerdzie żelbetonowe typu ŻN-10/200 i ŻN-12/200 oraz strunobetonowe BSW-12/350 i BSW-14/350, BSW. Żerdzie te charakteryzowały się stosunkowo małą siłą użytkową, zmieniającą się w zależności od kierunku jej działania. W oparciu

o te żerdzie opracowano stanowiska przelotowe oraz funkcyjne, tj. słupy narożne, odporowe, krańcowe itp. Stanowiska przelotowe wykonywano jako pojedyncze lub zblizniaczone. Te ostatnie stosowano w liniach o większych przekrojach przewodów lub na obszarach, gdzie występują duże siły wynikające z parcia wiatru [10, 11]. A ze względu na to, że słupy tego typu nie zajmują dużo terenu, można je było bez większych problemów posadzić na granicy działki, tak aby nie stwarzać właścicielowi nieruchomości (np. rolnikowi) problemów podczas prac rolnych.

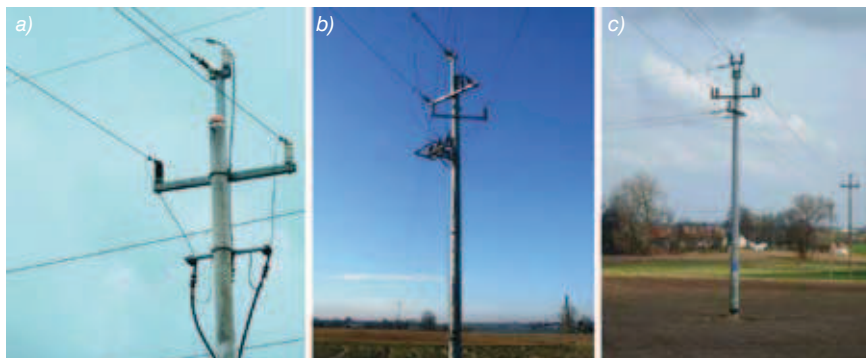
Zupełnie inaczej wygląda sytuacja ze słupami, na które działają znaczne siły mechaniczne wynikające z naciągów przewodów w linii. W tych przypadkach zabiegi polegające na zblizniaczaniu żerdzi ŻN lub BSW nie dawały oczekiwanych rezultatów, ponieważ wytrzymałość mechaniczna stanowiska słupowego była nadal niewystarczająca. Wówczas z pojedynczych żerdzi budowano stanowiska rozkracne: A-owe (rys. 1a), trójnogi (rys. 1b), czwór- nogi (rys. 1c) lub inne (np. z podporą – rys. 2a, z odciągami – rys. 2b oraz tak zwane bramkowe – rys. 2c), które charakteryzowały się znacznymi siłami użytkowymi. Oczywiście to wszystko osiągnięto kosztem zajmowanego gruntu przez tego typu słupy [10, 11, 12]. Sama lokalizacja w granicy działki, ze względu na ich budowę, była bardzo utrudniona.

Uwzględniając fakt, że w tamtych czasach nie zwracano uwagi na lokalizację słupów w granicy działek, z tego powodu należało się spodziewać konfliktu pomiędzy właścicielem działki a energetyką zawodową. Tego typu konflikty oczywiście można w pewnych sytuacjach załagodzić już w początkowej fazie, wymieniając istniejący słup A-owy lub trójnóg na pojedynczy typu E (rys. 3b). Podczas modernizacji linii można wówczas nowe stanowisko słupowe umieszczać w granicy działki. Oczywiście pod warunkiem, że obydwie strony satysfakcjonuje

tego typu rozwiązanie [7, 8]. Jednak niewątpliwie żerdzie typu E w sytuacjach spornych stanowią istotną kartę przetargową dla energetyki zawodowej podczas negocjacji z właścicielem nieruchomości.

Podobnie wygląda sytuacja w przypadku linii dwutorowych wybudowanych w oparciu o żerdzie żelbetonowe ŻN lub strunobetonowe BSW, jeżeli chodzi o słupy krańcowe. Ponieważ słupy A-owe były zdolne do przeniesienia wyższych sił mechanicznych wynikających z naciągów przewodów w linii dwutorowej [10, 11], dlatego każdy tor zakańczano na oddzielnym stanowisku słupowym (rys. 4a). W rezultacie ograniczano liczbę stanowisk na danej nieruchomości, z wyjątkiem słupów krańcowych. Dopiero strunobetonowe żerdzie wirowane typu E o dużej sile użytkowej pozwoliły na zastąpienie dwóch słupów A-owych jedną bądź dwiema żerdziami typu E (rys. 4b), przyczyniając się wyraźnie do ograniczenia gruntu wykluczonego z uprawy rolnej na całej trasie linii elektroenergetycznej [14].

Przewaga strunobetonowych żerdzi wirowanych typu E nad żelbetowymi ŻN bądź strunobetonowymi BSW wynika z większych sił użytkowych

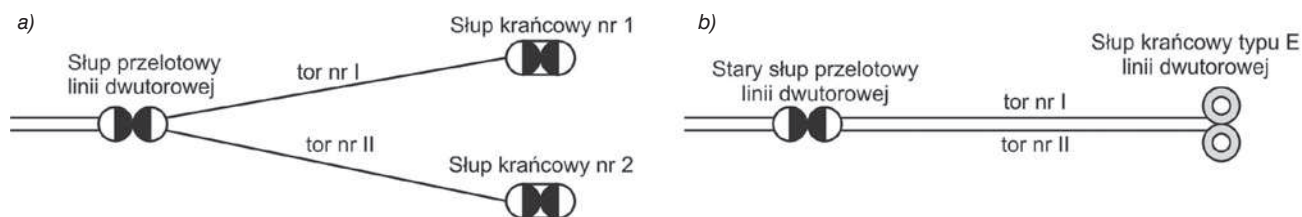


Rys. 3. Widok słupów funkcyjnych linii SN typu E [14]

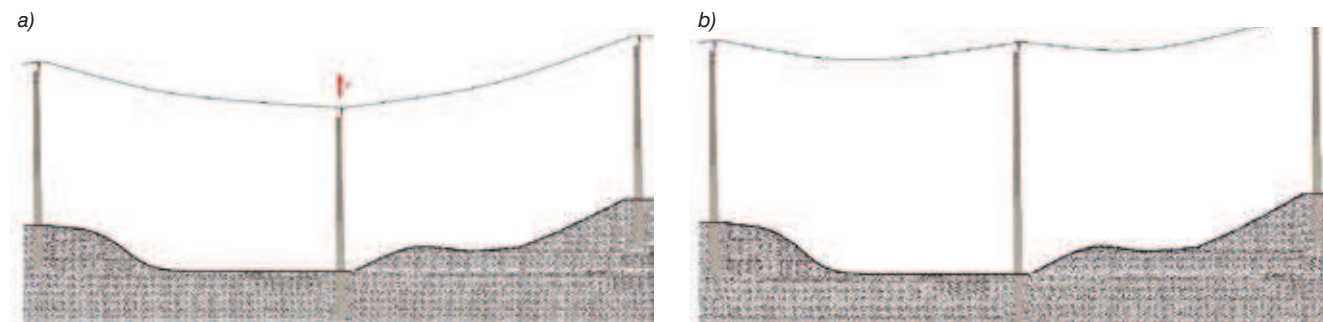
($P_k = 2,5 \div 35$ kN) i z różnorodności wysokościowej (9÷18 m), co stanowi znaczne ułatwienie dla projektanta przy opracowywaniu dokumentacji technicznej [15]. Tym bardziej, że zgodnie z postanowieniami poszczególnych norm, należy zachować minimalną odległość pomiędzy przewodami linii a krzyżującym się obiektem (np. droga, linia kolejowa itp.). Dlatego żerdź w miejscu skrzyżowania powinna być tak dobrana, aby były zachowane wymagane odległości między przewodami a przeszkodą, bez zbędnych nakładów finansowych z powodu nadmiernego przewymiarowania żerdzi. Jak się okazuje w praktyce projektowej, nie tylko

odległość pomiędzy przewodami linii a ziemią bądź drogą asfaltową ma istotne znaczenie, ale również niezmienność w wysokości ich zawieszenia w czasie (wpływ temperatury), czy niekorzystny rozkład sił w przewodach (rys. 5).

Ze względu na powstawanie dodatkowych sił pionowych skierowanych w górę w słupie zbyt niskim (rys. 5a) lub w dół (w słupie zbyt wysokim zlokalizowanym na pagórku), należy się liczyć z koniecznością stosowania wzmocnionych wiązań przewodów i mocniejszych izolatorów oraz słupów o większej nośności. Oczywiście siły te mogą w pewnym stopniu występować w projektowanych liniach, ale tylko do pewnej wartości



Rys. 4. Przykładowy widok linii dwutorowej ze stanowiskami krańcowymi: a) z żerdzi ŻN lub BSW – konieczność budowy dwóch słupów krańcowych, b) ze strunobetonowymi typu E



Rys. 5. Wariantowy sposób wykonania napowietrznej linii elektroenergetycznej w terenie pagórkowatym: a) słupy o tej samej wysokości (wariant niekorzystny), b) w obniżeniu terenu umieszczony jest słup wyższy (wariant korzystny)

granicznej. W przypadku przekroczenia wartości granicznej, istniejący słup przelotowy należy zaprojektować na odporowy z izolacją wiszącą lub zastosować słup przelotowy o większej wysokości (rys. 5b). Słup odporowy wraz z całym osprzętem jest droższy od przelotowego. Skoro jeden i drugi sposób skutecznie eliminuje niepożądane efekty w linii, to dlaczego nie zastosować tańszego rozwiązania w postaci wyższego słupa przelotowego (rys. 5b) [17].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Łodo A., Strunobeton – sprzęt, technologie, możliwości produkcyjne, zalecenia konstrukcyjne, Ustroń, 20÷23 lutego 2002 r.
- [2] Linie napowietrzne 15–30 kV z przewodami AFL-6 na żerdziach wirowanych EPV – JCE Tom I, Energoprojekt w Poznaniu, Biuro Studiów i Projektów Energetycznych w Poznaniu, wrzesień 1991 r.
- [3] Album linii napowietrznych niskiego napięcia z przewodami AL 25÷95 mm² na żerdziach strunobetonowych wirowanych typu EPV i E Tom I układ przewodów prostokątny Lnn, PPU ELprojekt Sp. z o.o., ELNNI, Poznań, październik 1992 r.
- [4] Album linii napowietrznych średniego napięcia 15÷20 kV z przewodami AFL6-120(70) mm² na żerdziach strunobetonowych wirowanych typu EPV i E Tom I LSN-120(70)mm², PPU ELprojekt Sp. z o.o., ELNNI, Poznań, grudzień 1992 r.
- [5] Album linii napowietrznych średniego napięcia 15÷20 kV z przewodami gołymi na żerdziach wirowanych LSN Tom I, PPU ELprojekt Sp. z o.o., Energolinia – Poznań, ELNNI, Poznań, wrzesień 1996 r. i 1997 r.
- [6] Album linii napowietrznych średniego napięcia 15÷20 kV z przewodami niepełnoizolowanymi o przekrojach 50÷120 mm² w układzie płaskim, na żerdziach wirowanych LSNi 50÷120 Tom I, PPU ELprojekt Sp. z o.o., Energolinia – Poznań, Poznań, wrzesień 2003 r.
- [7] Album linii napowietrznych średniego napięcia 15÷20 kV z przewodami gołymi na żerdziach wirowanych, układ trójkątny LSNS 35÷50 Tom I, PPU ELprojekt Sp. z o.o., wydawnictwo „STELEN”, Poznań 2006 r.
- [8] Album linii napowietrznych średniego napięcia 15÷20 kV z przewodami gołymi na żerdziach wirowanych, układ trójkątny LSNS 70(50) Tom I, PPU ELprojekt Sp. z o.o., wydawnictwo „STELEN”, Poznań 2008 r.
- [9] Album linii napowietrznych średniego napięcia 15÷20 kV z przewodami gołymi na żerdziach wirowanych, układ płaski LSNS 120(70)[240] Tom I, PPU ELprojekt Sp. z o.o., wydawnictwo „STELEN”, Poznań 2010 r.
- [10] Album napowietrznych linii średnich napięć 15–30 kV na słupach betonowych z przewodami o przekroju 35 i 70 mm², tom I, II, III., Energoprojekt w Poznaniu, Biuro Studiów i Projektów Energetycznych w Poznaniu, Poznań maj 1983 r.
- [11] Album napowietrznych linii średnich napięć 15–30 kV na słupach betonowych ŻN z przewodami AFL-6/70(50) mm², tom I, Energoprojekt w Poznaniu, Biuro Studiów i Projektów Energetycznych w Poznaniu, Poznań grudzień 1984 r.
- [12] Album napowietrznych linii średniego napięcia 15–30 kV na słupach betonowych z przewodami o przekroju 120 mm². Biuro Studiów i Projektów energetycznych „Energoprojekt” w Poznaniu. Poznań 1983 r.
- [13] Arciszewski A., Zawodniak J., „Linie średniego napięcia w aspekcie awaryjności oraz problemów formalno-technicznych”, Prace Instytutu Elektrotechniki, zeszyt 247, 2010 r.
- [14] Album dwutorowych linii napowietrznych średniego napięcia 15–20 kV, z przewodami gołymi AFL-6 120 i 70 mm² na żerdziach wirowanych, LSN 2x120 (70), Elprojekt Poznań, Poznań 2001 r., rozpowszechniane przez PTPIREE
- [15] www.strunobet.pl (01.03.2011 r.)
- [16] Katalog linii napowietrznych średniego napięcia 15–20 kV z płaskim układem przewodów gołych 70 i 50 mm² na pojedynczych żerdziach wirowanych typu E i EM, Energolinia w Poznaniu, Poznań 2006 r., rozpowszechniana przez Wirbet S.A.

Żerdzie żelbetowe ŻN/200 i ŻN/300 dla elektroenergetycznych linii niskich napięć

Dr inż. Janusz Kubiak, dr inż. Aleksy Łodo, dr inż. Jarosław Michałek,
Politechnika Wroclawska

1. Wprowadzenie

Żerdzie żelbetowe typu ŻN produkowane są w kraju od ponad 50 lat [1] (album z 1978 r. [2] był aktualizacją projektu wcześniejszego). To głównie żerdzie ŻN10/200 i ŻN12/200 posłużyły do elektryfikacji polskiej wsi w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych minionego wieku. Modernizacje konstrukcji żerdzi ŻN/200 i ŻN/300 sprzed kilku lat [np. 3, 4, 5] wynikały z potrzeby wprowadzenia bardziej rygorystycznych wymagań odnośnie jakości betonu i grubości minimalnej otuliny

zbrojenia w zależności od klasy środowiska [6, 7, 8], w którym elementy żelbetowe są eksploatowane. W krajowym budownictwie napowietrznych linii elektroenergetycznych niskich napięć przeważająca część konstrukcji wsporczych jest wykonana i w dalszym ciągu realizowana z żelbetowych żerdzi dwugałęziowych typu ŻN 10/200 i ŻN 12/200 (sporadycznie ŻN 10/300 i ŻN 12/300) [2, 3, 4]. Żerdzie te zalicza się do konstrukcji ekonomicznych (niska cena), co wynika głównie z ich małego ciężaru, niskiego zużycia stali zbro-

jeniowej i prostej metody produkcji (w jednej formie stalowej można wykonać dziennie około 60 elementów – rys. 1 i 2) [9, 10]. Ich wadą jest natomiast rozwinięta powierzchnia zewnętrzna (w części środkowej przekrój jest dwugałęziowy, sprzyjający erozji betonu i korozji stali) oraz stosunkowo skomplikowany układ zbrojenia, a przed modernizacją także zbyt mała grubość otuliny betonowej. Żerdzie ŻN 10/200 i ŻN 12/200 stosowane są obecnie w krajowym budownictwie elektroenergetycznych linii napowietrznych niskiego