

Seria: TRANSPORT z.1

Nr kol. 756

Zbigniew FIDRYCH

Instytut Transportu Kolejowego
Politechniki Śląskiej**DŁUGOŚĆ PRZELOTU SIECI TRAKCYJNEJ NA SZKODACH GÓRNICZYCH**

Streszczenie. Elektryfikacja kolei przejmując coraz to trudniejsze odcinki linii kolejowej obejmując tym samym tereny eksploatacji górniczej występujące na terenie Śląskiego Okręgu.

W artykule omówiono metodę obliczania długości przelotu sieci z uwzględnieniem przemieszczania się i przechyłu konstrukcji wsporczych. Podobne zjawiska nie występują na liniach nie objętych szkodami górniczymi i nie były dotychczas uwzględniane w normalnej praktyce projektowania.

1. Wprowadzenie

Standardowy projekt sieci trakcyjnej wykonywany jest w oparciu o wspólne założenia projektowe, do których można zaliczyć:

- podstawowe wytyczne do roznaznaczenia budowy i eksploatacji sieci trakcyjnej,
- obserwacje atmosferyczne,
- warunki inżyniersko-geologiczne,
- typy konstrukcji wsporczych, fundamentów, wysięgów i innych podstawowych konstrukcji,
- podstawowy schemat zasilania i sekcjonowania sieci trakcyjnej,
- zapotrzebowanie na podstawowe materiały i urządzenia, jak również na wykonanie nietypowych elementów sieci trakcyjnej przez zakłady produkcyjne (wykonawstwo nietypowych elementów ogranicza się do minimum).

Sieć trakcyjna pracuje w bardzo złożonych warunkach. Pomimo różnych warunków mechanicznych obciążeń sieć narażona jest na przeciążenia elektryczne, tak przy rozruchu silników trakcyjnych, jak również podczas usuwania oblodzenia z przewodów metodą elektryczną.

Oprócz wyżej wymienionych obciążeń sieć poddawana jest działaniu temperatury otoczenia, wiatrów i innych meteorologicznych obciążeń oraz jest podatna na wpływ oddziaływania szkód górniczych. Wszystko to razem wzięte zmusza do dokładnego uwzględnienia wszystkich zewnętrznych czynników w różnym stopniu oddziaływających na urządzenia i pracę sieci trakcyjnej.

Należy mieć na uwadze, że od prawidłowego uwzględnienia wszystkich wymienionych czynników zależy tak strona ekonomiczna konstrukcyjnego rozwiązania sieci trakcyjnej, jak również niezawodność jej pracy w warunkach

eksploatacji.

Wybór do obliczeń trudnych warunków, np. meteorologicznych, prowadzi do skonstruowania sieci niezawodnej, lecz drogiej i na odwrót; założone lekkie warunki zapewniają tańszą sieć, ale za to bardziej zawodną.

Ze wszystkich wymienionych do tej pory ograniczeń istotny wpływ na dopuszczalną rozpiętość przęsła (i a więc i na koszty sieci) mają następujące czynniki:

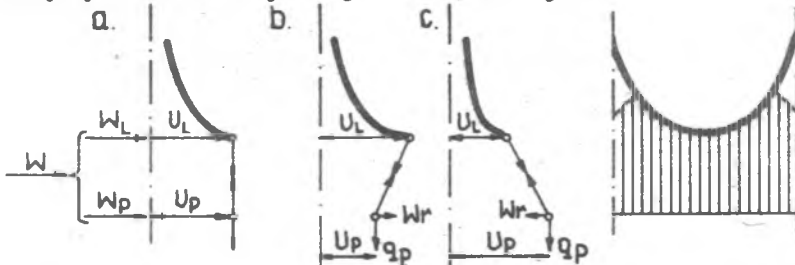
- oddziaływanie wiatru,
- mało dotychczas uwzględniane oddziaływanie szkód górniczych (na terenie Śląska i Zagłębia),
- parametry konstrukcyjne sieci i użytego materiału.

2. Wpływ oddziaływania wiatru

Wiatr posiada duży wpływ na konstrukcję sieci trakcyjnej, ponieważ w zależności od przesunięcia drutu jeźdnego od osi toru pod wpływem naporu wiatru wiejącego prostopadle do toru ulega zmianie dopuszczalna długość przelotu między kolejnymi konstrukcjami wsporczymi.

Z pewnym przybliżeniem można przyjąć, że długość przelotu jest odwrotnie proporcjonalna w stosunku do szybkości wiatru, a koszty budowy sieci trakcyjnej wprost proporcjonalne do liczby przelotów. Widać zatem wyraźnie ważność prawidłowego wyboru założonej szybkości wiatru oraz odpowiedniej metodyki obliczeń.

Dla sieci łańcuchowej pojedynczej przyjąć można trzy możliwe warianty wywiania drutu jeźdnego i linki nośnej.



Rys. 1. Schemat wiatrowego obciążenia przypadającego na linię nośną i drut jeźdny.

Na rys. 1 pokazana jest pozioma równoważna siła W_r powstała na skutek oddziaływania linki nośnej na drut (rys. 1b) i drutu na linkę (rys. 1c) pod wpływem sił parcia wiatru na sieć trakcyjną.

W obydwu przypadkach zanależy można oddziaływanie linki nośnej na wielkość maksymalnego odchylenia drutu jeźdnego od osi toru U_{max} . Biorąc pod uwagę możliwość zastosowania typowych materiałów na linkę nośną i przewód jeźdny (miedź) oraz podniesiony naciąg w drucie jeźdnym

(powyżej 8000 N) przy zachowaniu obecnie stosowanej wysokości konstrukcji w granicach 1,3 + 1,5 m można przyjąć, że wychylenie drutu jezdnego U_p jest równe wychyleniu linki nośnej U_1 (rys. 1a).

Tak przedstawione zagadnienie jest poparte przeprowadzonymi pracami eksperymentalnymi i wyklucza dla konkretnego przypadku istnienie wzajemnego przekazywania sił wyrównawczych z linki na drut i odwrotnie.

Wobec powyższego obliczenie U_{max} dla projektowanej sieci łańcuchowej jedнопроводowej może być przeprowadzone podobnie jak dla sieci płaskiej z jednym przewodem.

Obliczenie dopuszczalnego odchylenia drutu jezdnego od osi toru U_{max} w metrach można dokonać posługując się następującą metodyką:

Siła parcia wiatru na drut jezdny z umiejscowionymi na nim zaciskami linki wieszakowej w sposób ogólny może zostać określona ze wzoru:

$$P = K \cdot q$$

gdzie:

P - parcie wiatru w newtonach na 1 m^2 ,

K - współczynnik czołowego oporu (opływu) zależny od kształtu drutu jezdnego,

q - siła parcia wiatru w newtonach na 1 m^2 odpowiadająca badanej prędkości wiatru.

Parcie wiatru w zależności od szybkości można określić ze wzoru:

$$q = \frac{\gamma}{9,81} \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{v^2}{1,6}$$

gdzie:

γ - ciężar 1 m^3 powietrza = $12,1 \text{ N/m}^3$ przy ciśnieniu 101325 N/m^2 (760 mm Hg) i temperaturze 288 K (15° C),

v - prędkość wiatru w m/sek.

Ostatecznie można otrzymać:

$$P = K \frac{v^2}{1,6} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right] \quad (1)$$

Przystosowując powyższy wzór do obliczenia siły parcia wiatru na drut jezdny W , w newtonach na metr bieżący, należy obie strony równania (1) pomnożyć przez d , gdzie d - średnica drutu jezdnego w metrach ($d = 0,0118$).

We wzorze tym należy uwzględnić ponadto porywy wiatru przez wprowadzenie współczynnika $k = 1,15$.

Ostatecznie wzór przyjmuje postać następującą:

$$W = K \frac{k \cdot v^2 \cdot d}{1,6} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right] \quad (2)$$

Według danych Laboratorium Aerodynamiki Politechniki Warszawskiej współczynnik czołowego oporu (opływu) cylindrycznego profilowanego drutu jezdnego K z uwzględnieniem znajdujących się na nim zacisków uniwersalnych w odległości 5 + 8 m można przyjąć za równy 1,25.

Podstawiając powyższe wartości można otrzymać:

$$W = \frac{1,15 \cdot 1,25 \cdot 0,0118}{1,6} \cdot v^2 = 0,0106 \cdot v^2$$

Przyjmując maksymalną szybkość wiatru, np. na terenie linii kolejowych objętych szkodami górniczymi, za równą 21 m/sek, siła parcia na drut jezdny wyniesie $W = 4,67 \text{ N/m}$.

Pod wpływem wiatru wiejącego prostopadle do osi toru czasowemu odkształceniu (zginaniu) ulegają także konstrukcje wsporcze, co dodatkowo wpływa na wielkość U_{\max} wypierania drutu jezdnego od osi toru. Przekroczenie wielkości U_{\max} powyżej 0,5 m mające miejsce na ogół w środku przelotu może być przyczyną przedostania się drutu jezdnego pod ślizgacz, w konsekwencji czego wystąpi zerwanie sieci, często mające miejsce w praktyce eksploatacyjnej (w tym szczególnie na liniach objętych szkodami górniczymi), co dotychczas mało było brane pod uwagę przy projektowaniu sieci dla specyficznych warunków pracy.

3. Oddziaływanie szkód górniczych na sieć trakcyjną

Zagadnienie szkód górniczych i ich wpływ m.in. na konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej nabiera coraz większego znaczenia.

Na terenie Śląskiej DOKP około 600 km torów znajduje się na terenach zagrożonych wpływami szkód górniczych, przez co około 10000 konstrukcji wsporczych już istniejących narażonych jest na odkształcenie od pierwotnego położenia stanu dokumentacyjnego.

Odkształcenia te objawiają się w postaci przesunięć i pochyłeń konstrukcji wsporczej (jednocześnie) w różnych kierunkach w stosunku do osi toru. Dla obliczenia optymalnej długości przelotu istotne są przesunięcia i pochylenia konstrukcji wsporczych w kierunku prostopadłym do osi toru, które mogą dodatkowo jeszcze spotęgować efekt wywiania sieci przez wiatr. Przemieszczenia te niekorzystne są zarówno w kierunku do, jak i od osi toru i spowodowane są deformacją gruntu, co w sposób uproszczony przebiega następująco:

W wyniku zaważu pustki poeksploatacyjnej w kopalni węgla kamiennego powstaje deformacja terenu objawiająca się na powierzchni w postaci tzw. niecki. Teren taki można scharakteryzować między innymi następującymi parametrami:

$$\begin{aligned} E_g & - \text{odkształcenie względne terenu} & [\text{mm/m}] \\ T_g & - \text{nachylenie terenu} & [\text{mm/m}] \end{aligned}$$

W opracowaniu pt. "Wytyczne Komisji Mechaniki Górniczej PAN" z 1956 roku szkody górnicze zostały podzielone na kategorie ochrony i określone zostały dopuszczalne wartości parametrów E_g i T_g dla poszczególnych kategorii (tabl. 1).

Tablica 1

Kategoria szkód górniczych	Dopuszczalna wartość	
	$T_{g\max}$ [mm/m]	$E_{g\max}$ [mm/m]
I	2.5	1.5
II	5.0	6.0
III	10.0	3.0
IV	15.0	9.0
V	ponad 15.0	ponad 9.0

Między innymi na tej podstawie w pracy [1] obliczone zostały zmiany odsuwu sieci spowodowane pochyleniem i przesunięciem konstrukcji wsporczej prostopadle do osi toru, uwzględniając dodatkowe jeszcze tzw. "ściągnięcie sieci" do słupa powstające wskutek termicznych zmian długości sieci.

Dane te zostały przedstawione w tabl. 2 dla poszczególnych kategorii szkód.

Tablica 2

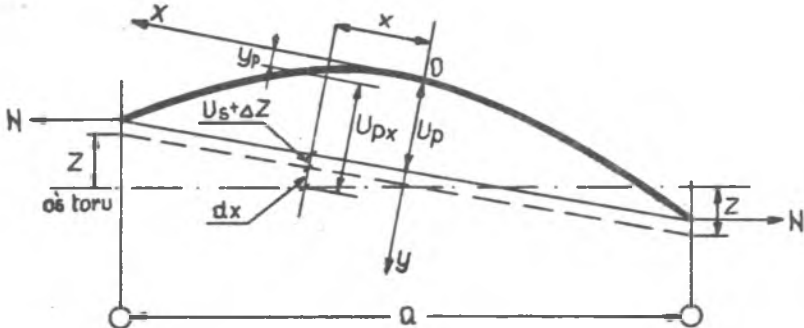
Kategoria	ΔZ_E [mm]	ΔZ_T [mm]	ΔZ_t [mm]	$\Delta Z = \Delta Z_E + \Delta Z_T + \Delta Z_t$ [mm]
I	4	16	34.6	54.6
II	8	32	34.6	74.6
III	16	63	34.6	113.6
IV	25	95	34.6	154.6

Na etapie projektowania nie można wykluczyć sytuacji, gdy zmiany odsuwu sieci spowodowane uszkodzeniami górniczymi i zmianami temperatury będą się sumowały, więc łączna zmiana odsuwu sieci ΔZ będzie sumą zmiany odsuwu sieci od przesunięcia słupa (ΔZ_E), od pochylenia słupa (ΔZ_T) oraz od zmiany temperatury (ΔZ_t) dla poszczególnych kategorii występujących szkód górniczych.

Takie zmiany odsuwu sieci wpłyną niewątpliwie na koniczność zmniejszenia stosowanych dotychczas odległości między sąsiednimi konstrukcjami wsporczymi i tym samym zmniejszą awaryjność sieci trakcyjnej na terenach objętych szkodami górniczymi.

4. Obliczenie dopuszczalnej rozpiętości przęsła

Zgodnie z poprzednio omówionym założeniem rozpatrywany będzie wariant wywiania tylko drutu jezdnego z uwzględnieniem pochylenia i przemieszczenia konstrukcji wsporczych powstałych na skutek oddziaływania wiatru i szkód górniczych. Obliczenia dla sieci dwudrutowej mogą być analogiczne przez uwzględnienie zwiększonej powierzchni bocznej drutów na parcie wiatru i zwiększony sumaryczny naciąg w drutach jezdnych. Sytuacja w planie zachowania się przewodu pod wpływem wyżej wymienionych czynników pokazana jest na rys.2.



Rys.2. Schemat wypartego przez wiatr drutu jezdnego na prostej przy równych zygach.

Linia przerywana oznacza położenie w planie drutu jezdnego bez uwzględniania pochylenia konstrukcji wsporczych. Natomiast linia ciągła przedstawia sytuację, w jakiej znajduje się drut pod wpływem odchylenia się od pionu konstrukcji wsporczych na wysokości zawieszenia drutu, na skutek napierającej siły wiatru (U_w) i oddziaływania szkód górniczych (Δz).

Maksymalną odległość między wywianym drutem a osią toru U_{px} można obliczyć z zależności:

$$U_{px} = U_p - Y_p + dx + U_w + \Delta z$$

Ponieważ w przybliżeniu:

$$dx = \frac{2xz}{a}$$

można napisać:

$$U_{px} = \frac{Wa^2}{8N} - \frac{Wx^2}{2N} + \frac{2zx}{a} + U_s + \Delta z \quad (3)$$

gdzie N - napięcie drutu jezdnego w newtonach.

Przyrównując pierwszą pochodną do 0:

$$\frac{dU_{px}}{dx} = \frac{Wx}{N} + \frac{2z}{a} = 0$$

otrzymać możemy odległość x od środka przelotu, w której $U_{px} = U_{pmax}$:

$$x = -\frac{2zN}{aW}$$

Podstawiając otrzymaną zależność do równania (3) wartość U_{pmax} można obliczyć ze wzoru:

$$U_{pmax} = \frac{Wa^2}{8N} - \frac{W4z^2N^2}{2NW^2a^2} + \frac{4z^2N}{a^2W} + U_s + \Delta z$$

Upraszczając otrzymamy:

$$U_{pmax} = \frac{Wa^2}{8N} + \frac{2z^2N}{Wa^2} + U_s + \Delta z$$

Zakładając, że:

$U_{pmax} = U_{max}$ - dopuszczalne odchylenie przewodu jezdnego od osi toru w metrach,

$a = a_{max}$ - największa dopuszczalna rozpiętość przęsła w metrach,

można napisać:

$$U_{max} = \frac{Wa_{max}^2}{8N} + \frac{2z^2N}{Wa_{max}^2} + U_s + \Delta z$$

Wielkość największej dopuszczalnej rozpiętości przęsła a_{\max} po odpowiednim przekształceniu matematycznym można otrzymać ze wzoru:

$$a_{\max} = 2 \sqrt{\frac{N}{W} [U_{\max} - (U_B + \Delta z)] + \sqrt{(U_{\max} - U_B - \Delta z)^2 - z^2}} \quad (4)$$

Podstawiając do wzoru (4) dane liczbowe:

$$W = 4,67 \left[\frac{N}{\text{mb}} \right]$$

$$U_B = 0,03 \text{ [m]}$$

$$U_{\max} = 0,5 \text{ [m]}$$

$$z = 0,3 \text{ [m]}$$

Tablica 3

Kat. Szkód Górnio- czych	Δz [m]	a_{\max} [m]		
		N=10 000 [N]	N=9 000 [N]	N=8 000 [N]
warunki normalne	0	84,1	79,8	75,3
I	0,0546	77,3	73,4	69,2
II	0,0746	74,6	70,7	66,7
III	0,1136	68,5	64,8	61,1
IV	0,1546	59,3	56,2	53,0

można otrzymać następujące wielkości a_{\max} , w zależności od kategorii szkód górniczych i naciągu (tabl. 3).

Aby zapewnić pełną odporność sieci trakcyjnej na wpływ szkód górniczych przy zachowaniu dotychczasowego zygzakowania sieci konieczne byłoby poważne zmniejszenie odległości między sąsiednimi szupami sieci trakcyjnej. Istotne jest więc uwzględnienie tych wpływów przy projektowaniu nowej sieci trakcyjnej oraz wymianie zużytej sieci, szczególnie na tych odcinkach naprężenia, które znajdują się na terenie objętym oddziaływaniem szkód górniczych. Możliwe jest również usztywnienie sieci poziome przez wprowadzenie rombów odsuwów drutów w strefie konstrukcji wsporczych.

L I T E R A T U R A

- [1] Matuszek : Określenie warunków pracy sieci trakcyjnej zawieszonej na konstrukcjach wsporczych bramkowych i zawieszeniach poprzecznych na terenach eksploatacji górniczej. Prace COBiRTK Z.80/81 WKiŁ 1981.

Recenzent

Doc. dr hab.inż. Przemysław Pazdro

THE LENGTH OF PASSAGE OF A CONTACT SYSTEM ON MINING DAMAGES

Summary

The electrification of railways envelops more difficult sections of railway tracks which run on terrains of mining exploitation existing in the Uppersilesian Industrial Region.

The article discusses a method of calculating the length of passage of a contact system taking into account lateral and horizontal movements of its supports. Such phenomena exist on lines running on terrains of mining exploitation and were not till now considered in normal project practice.

ДЛИНА ПРОЛЕТА КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА УЩЕРБАХ НАДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Резюме

Электрификация железных дорог охватывает все более сложные ж.д. линии входя тем самым на территорию подземных разработок выступающих на Силезской дороге.

В статье рассмотрен выбор метод расчета пролета контактной сети с учетом перемещения и наклона опор. Похожие явления не выступают на линиях не обьятых ущербом надземных сооружений и не были до сих пор учтены в нормальной практике проектирования.