

Dorota Biedrzycka, doktorantka, Politechnika Łódzka, projektant - firma Verkis Polska Sp. z o.o.

THERMAL RATING

sposobem na poprawę wydajności polskich sieci energetycznych

Przed polską energetyką stoją dzisiaj nowe wyzwania, prawdopodobnie największe od czasów początków elektryfikacji kraju. Dynamicznie zmienia się struktura przesyłu, dołączani są nowi odbiorcy oraz nowi rozproszeni producenci energii. W obliczu tych zmian polskie sieci przesyłowe z roku na rok stają się coraz mniej efektywne. Jeśli przypomnimy również awarie wynikające z braku regularnych napraw i konserwacji na przestrzeni lat, rozwiązanie wydaje się jedno - musimy budować nowe linie przesyłowe. Ale czy jest to jedyna droga?

Tak jak w przypadku każdej inwestycji infrastrukturalnej, budowa nowych linii przesyłowych to zadanie na długie lata, głównie ze względu na wysokie koszty inwestycji oraz trudności w pozyskiwaniu terenów pod budowę. Logiczne rozwiązanie alternatywne, po które sięga dziś wielu operatorów, to próba zinwentaryzowania istniejących już linii oraz poddania ich procesowi modernizacji [1, 2]. Modernizacja linii nie zawsze wiąże się z koniecznością przeprowadzenia prac budowlanych, czasem wystarczy wnikliwa analiza danych z inwentaryzacji, aby usprawnić przesył prądu. Jednym z najpopularniejszych sposobów na szybkie usprawnienie przesyłu jest analiza obciążalności termicznej linii, czyli tzw. thermal rating. Polega ona na wyznaczeniu maksymalnego, w danych warunkach at-

mosferycznych, natężenia prądu, które nie spowoduje przekroczenia przyjętej granicznej temperatury roboczej przewodu.

■ Jak pozyskać dane do analizy?

Większość danych posiada operator linii, jednak ponieważ dokumentacja papierowa nie zawsze odpowiada rzeczywistości, warto rozważyć zlecenie wykonania bieżącej inwentaryzacji linii. Można ją przeprowadzić stosując na przykład powietrzny skaningu laserowy, polegający na przelocie nad linią samolotu lub helikoptera wyposażonego w specjalistyczne urządzenie zwane LiDAR'em. Rezultatem takiego oblotu jest cyfrowe odwzorowanie przebiegu linii wraz z otaczającym ją terenem

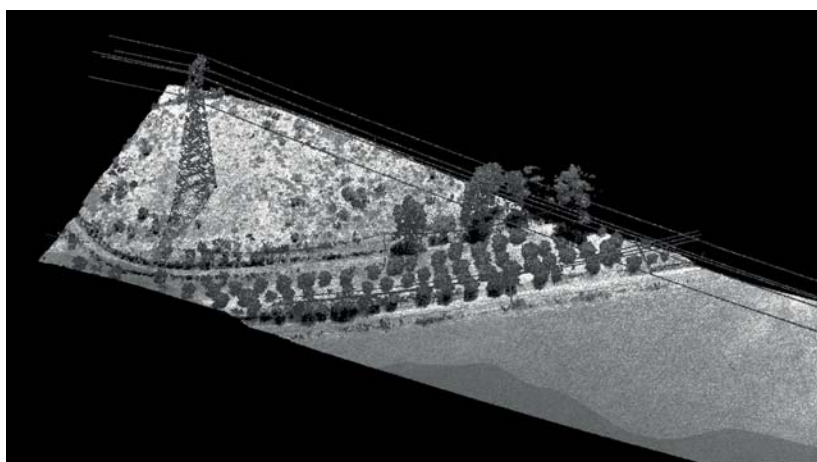
w postaci tzw. „chmury punktów” (rys. 1). Po jej uporządkowaniu (rys. 2), czyli nadaniu punktom odpowiednich charakterystyk (teren, drzewo, budynek, przewód, słup), przechodzimy do kolejnego etapu, czyli budowy na ich podstawie trójwymiarowego modelu linii.

■ Jak dobrze wykorzystać dane z inwentaryzacji?

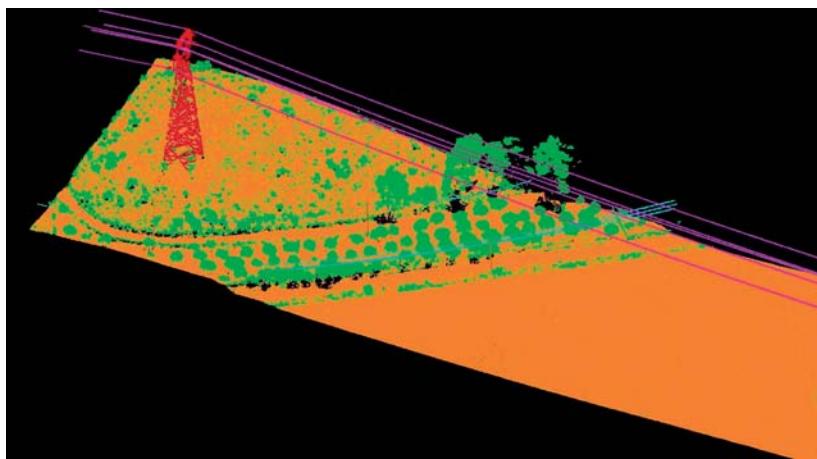
Jednym z programów dostępnych obecnie na rynku i umożliwiających modelowanie linii w 3D jest PLS-CADD amerykańskiej firmy Power Line Systems (rys. 3). Korzysta z niego około 750 firm i instytucji branży energetycznej w 75 krajach, jest to zatem jedno z bardziej popularnych narzędzi do komputerowego wspomagania projektowania linii elektroenergetycznych. Postępu-

Tab. 1. Obciążalności linii z przewodami ACSS HS285 Linnet (Southwire). Średnica przewodu 18,3 mm. Wartości natężenia prądu w Amperach.

Temperatura graniczna robocza [°C]	Temperatura otoczenia [°C]			Prędkość wiatru [m/s]
	10	20	30	
40	233,5	121,6	0,0	0
	394,6	295,7	135,1	0,5
	473,8	365,1	202,9	1
60	369,3	308,2	234,7	0
	527,7	463,7	388,2	0,5
	620,6	548,0	463,4	1
80	466,0	419,1	367,3	0
	624,3	574,9	520,1	0,5
	727,6	671,0	608,5	1
110	578,7	542,4	504,0	0
	735,5	698,0	657,8	0,5
	850,3	806,9	760,6	1



Rys. 1. Obraz linii uzyskany podczas oblotu linii helikopterem, tzw. „chmura punktów”



Rys. 2. Ten sam obraz po przyporządkowaniu punktom odpowiednich charakterystyk

jąc się tym programem możemy m.in. zamienić „chmurę punktów” w trójwymiarowy model linii, uwzględniając przy tym warunki panujące podczas skaningu, w tym także siłę wiatru (funkcja tzw. graficznego naciągania przewodów - „graphical sagging”). Zaletą programu jest również możliwość uwzględnienia nieliniowej charakterystyki naprężenie-odkształcenie dla stosowanych przewodów oraz pełzania. Jest to szczególnie ważne podczas analizy temperaturowej przewodów, ze względu na poprawność wyznaczania zwisów przewodów po przejściu przez duży naciąg (np. zimą) lub po długim okresie użytkowania. Podczas obliczania naciągów i zwisów program postępuje metodą przęsta równoważnego („ruling span”) lub wolniejszą, ale bardziej dokładną, np. dla terenów górzystych, metodą elementów skończonych.

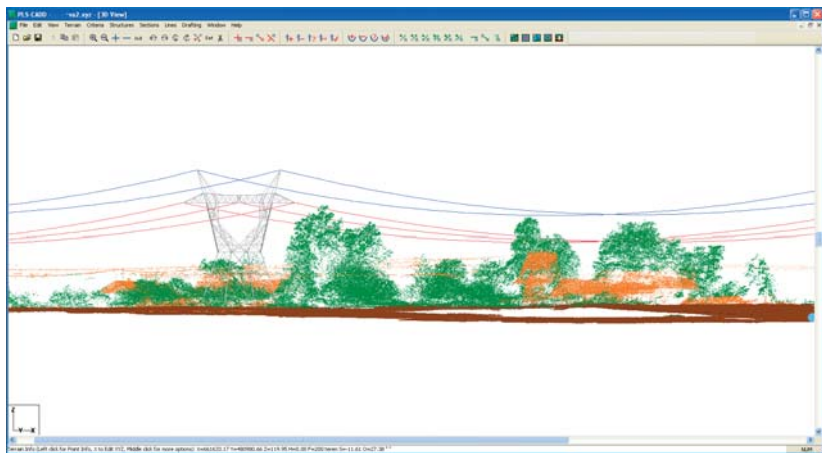
■ Co możemy zyskać?

Po zbudowaniu modelu przystępujemy do analizy obciążalności termicznej linii (thermal rating). Możemy ją wykonać na podstawie wytycznych CIGRE [2] lub IEEE [3]. W Europie obecnie najczęściej stosowany jest model CIGRE. Obliczenia opierają się na równaniu bilansu cieplnego, które po uproszczeniu sprowadza się do następującej postaci:

$$P_j + P_s = P_c + P_r$$

gdzie: P_j - moc cieplna wydzielana w przewodzie (ciepło Joule'a), P_s - moc cieplna absorbowana z promieniowania słonecznego, P_c - moc cieplna oddawana w wyniku konwekcji, P_r - straty mocy cieplnej w wyniku promieniowania.

Korzystając z powyższego równania, wyznaczamy natężenie prądu, które w danych warunkach atmosferycznych (prędkość i kierunek wiatru, nasłonecznienie, temperatura otoczenia), nie powoduje przekroczenia granicznej temperatury roboczej przewodu. Wyniki obliczeń przedstawia się najczęściej w



Rys. 3 Trójwymiarowy model linii wykonany w programie PLS-CADD przy użyciu funkcji graficznego naciągania przewodów

postaci tabel (tab. 1) lub wykresów (rys. 4). Kolejnym etapem analizy jest sprawdzenie czy siły poziome i zwisy przewodów dla nowych temperatur roboczych nie przekraczają wartości normowych naprężeń oraz minimalnych odległości izolacyjnych dla linii. Jeśli dopuszczalne wartości nie zostaną przekroczone, to sterując natężeniem prądu, w zależności od warunków atmosferycznych, możemy zwiększyć moc przesyłową linii w okresie letnim o kilkanaście, a w okresie zimowym nawet o kilkadziesiąt procent. Jeśli jednak okaże się, że warunki normowe nie zostały spełnione, na-

leży zastanowić się nad możliwymi, ze względów ekonomicznych i prawnych, sposobami modernizacji linii.

■ Jak najprościej zmodernizować linię?

Ze względu na obowiązujące obecnie przepisy i rozporządzenia, najprostszym i najszybszym sposobem modernizacji linii jest wymiana starych przewodów na nowe wysokotemperaturowe przewody o małym zwisie HTLS (High Temperature Low Sag), dla których standardowa temperatura pra-

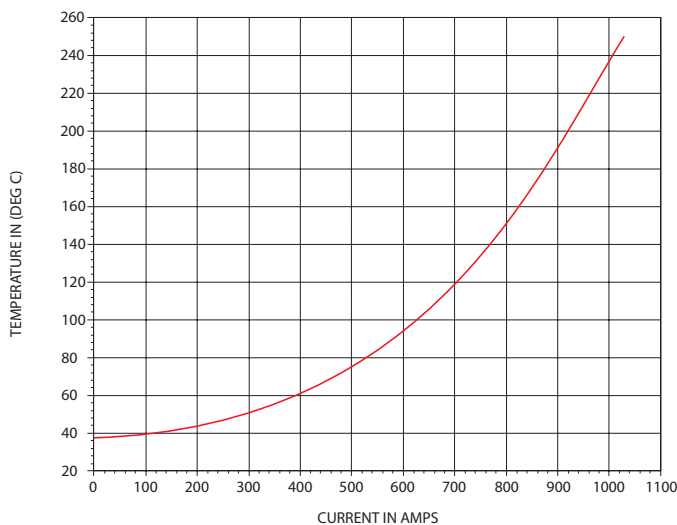
cy ciągle często przekracza 150°C. W wielu przypadkach, zakładając, że naciągi i zwisy linii mają pozostać na niezmiennym poziomie, taka wymiana jest możliwa bez konieczności przeprowadzania jakichkolwiek dodatkowych modernizacji związanych z podwyższaniem, bądź wzmacnianiem słupów. Dla linii 110 kV najtańszymi przewodami są przewody typu ACSS/HS (Aluminium Conductor Steel Supported/ High Strength). Większość z tych linii była projektowana na temperaturę roboczą 40°C, zatem po jej zwiększeniu nawet tylko do temperatury niewiele przekraczającej 100°C, nawet w okresie letnim osiągamy już całkiem znaczny wzrost przepustowości linii.

■ Wnioski

Podsumowując, thermal rating jest tylko jednym z kilku sposobów na możliwą intensyfikację przesyłu w krajowej sieci elektroenergetycznej, jednak ze względu na stosunkowo niewielkie nakłady inwestycyjne, niezbyt skomplikowane procedury prawne oraz przede wszystkim ze względu na krótki czas realizacji inwestycji, jest doskonałą alternatywą w stosunku do prób rozbudowy systemu o nowe linie, zwłaszcza w przypadku sieci 110 kV. □

■ Literatura

- [1] [1] Lu M.L., Pfrimmer G., Kieloch Z.: „Upgrading an Existing 138 kV Transmission Line in Manitoba”/Modernizacja istniejącej linii 138 kV w Manitobie/ Power Engineering Society General Meeting, 2006 IEEE.
- [2] Siwy E., Żmuda K.: „Intensyfikacja wykorzystania sieci w spółce dystrybucyjnej” Przegląd elektrotechniczny, R85 nr 3/2009.
- [3] „Thermal behaviour of overhead conductors” Technical Brochure No. 207 Working Group 22.12 (August 2002).
- [4] “IEEE standard for calculating the current-temperature relationship of bare overhead conductors” IEEE Std 738-2006.



Rys. 4. Obciążalności linii z przewodami ACSS HS285 Linnet (Southwire).

Średnica przewodu 18,3 mm, temperatura zewnętrzna 30°C, prędkość wiatru 0,5 m/s, nasłonecznienie 1000 W/m², współczynnik absorpcyjności i emisyjności przewodu 0,5.