

Ocena stanu konstrukcji wsporczych na podstawie zdjęć

Sławomir Zator

Politechnika Opolska, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, ul. Sosnkowskiego 31, 45-272 Opole

Rafał Gasz

Politechnika Opolska, Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki, ul. Prószkowska 76 (bud. 1), 45-758 Opole

Streszczenie: W artykule przedstawiono metodę wykonywania półautomatycznej diagnostyki konstrukcji wsporczych linii wysokiego napięcia z wykorzystaniem zdjęć metrycznych. Diagnostyka linii elektroenergetycznych jest ważnym elementem ich eksploatacji, zwłaszcza z wyszczególnieniem, które elementy konstrukcji wymagają naprawy bądź wymiany, są to działania czasochłonne i zwykle kosztowne. Przedstawiona w artykule metoda może ułatwić określenie stanu technicznego słupów. Bazuje ona na porównaniu rzeczywistych zdjęć z obrazami wirtualnymi uzyskanymi na podstawie modeli 3D zgodnie z dokumentacją techniczną. Dzięki zastosowanej metodzie możliwe jest poddanie analizie danych, także tych wcześniej zgromadzonych. Analizę można wykonywać w czasie rzeczywistym w trakcie prowadzenia badań. Praca w trybie on-line pozwoliłaby na szybką selekcję słupów do dalszej oceny.

Słowa kluczowe: diagnostyka, linia elektroenergetyczna, konstrukcje wsporcze, przetwarzanie obrazów, zdjęcia metryczne

1. Wprowadzenie

W skład linii elektroenergetycznej wchodzi dziesiątki konstrukcji wsporczych, z których każda składa się z setek elementów. Ich dobry stan techniczny jest jednym z podstawowych wymagań zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania całego systemu. Przerwy w dostarczeniu energii spowodowane złym stanem technicznym linii, który objawia się zwykle w ekstremalnych warunkach pogodowych, są w najgorszym przypadku dotkliwe dla znacznych obszarów kraju [1]. W związku z tym prowadzi się diagnostykę poszczególnych elementów linii: konstrukcji wsporczych, przewodów, izolatorów i osprzętu.

Słupy energetyczne są szczególnie narażone na różnego rodzaju uszkodzenia, najczęściej mechaniczne oraz ubytki wywołane korozją. Nierzadko są one spowodowane także działaniem człowieka: nieumyślnym lub celowym. Każde z nich powoduje osłabienie konstrukcji, co w ekstremalnych warunkach atmosferycznych (silny wiatr, osadzająca się szadź na przewodach) może być powodem odchylenia, przewrócenia czy nawet złamania się słupa. Z tych też m.in. powodów istotne jest prowadzenie rzetelnej diagnostyki stanu konstrukcji wsporczych.

2. Metoda diagnostyki konstrukcji

Diagnostykę techniczną konstrukcji wsporczych wykonuje się zazwyczaj podczas określonych harmonogramem planowanych przeglądów. Przeglądy takie mogą być długotrwałe oraz kosztowne, zależnie od zaangażowanych sił i środków technicznych. Nawet najkosztowniejsze metody diagnostyki wykorzystujące kamery wideo i kamery termowizyjne, zainstalowane na platformach latających, nie gwarantują uzyskania istotnej wiedzy o stanie słupów [2]. Uzyskane podczas przelotu nad linią sekwencje obrazów chromatycznych w świetle widzialnym i podczerwieni osiągają nierzadko rozmiary dziesiątek GB. Przejrzenie zgromadzonego w stosunkowo krótkim czasie materiału jest czasochłonne, a od człowieka występującego w roli eksperta oceniającego wymaga dużej koncentracji. Aby obniżyć koszty i skrócić czas analizy celowym byłoby wykonywanie jej w sposób zautomatyzowany. Na potrzeby analizy wystarczające byłyby efekty, jakie otrzymuje się stosując metody stosowane podczas badań przesiewowych dużych populacji, w których istotne jest, aby nie pominąć żadnego nieprawidłowego wyniku, nawet jeśli pewien procent wytypowanych elementów nie wykazuje rzeczywistych uszkodzeń [3]. Spółki dystrybucyjne zajmujące się przesyłem energii i utrzymaniem linii w jak najlepszym stanie zwykle mają kompletną dokumentację, w tym nierzadko fotograficzną wszystkich elementów linii.

Można ją również użyć do zdiagnozowania stanu technicznego słupów, o ile materiał zdjęciowy jest odpowiednio przygotowany.

Przedstawiona metoda [4, 5], której algorytm obrazuje rys. 1, ma na celu sprawdzenie kompletności konstrukcji i wykorzystuje metody analizy obrazów – filtrację, binaryzację, iloczyn, różnicę [6]. Pozwoli ona na zautomatyzowaną wstępną diagnozę

Autor korespondujący:

Sławomir Zator, s.zator@po.opole.pl

Artykuł recenzowany

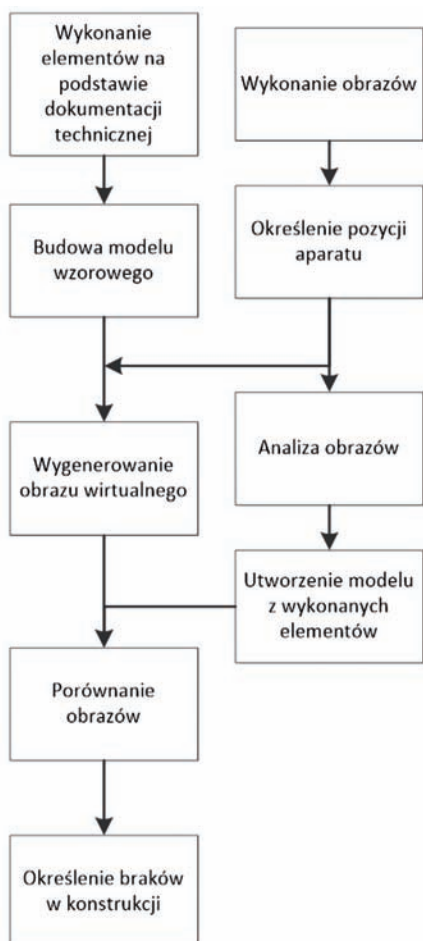
nadesłany 10.08.2016 r., przyjęty do druku 22.10.2016 r.



Zezwala się na korzystanie z artykułu na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0

i umożliwi wytypowanie konstrukcji do kolejnych, dokładniejszych analiz jej stanu. Zaproponowana metoda wykorzystuje zdjęcia konstrukcji wsporczych oraz obrazy wirtualne, tzn. uzyskane w środowisku wirtualnym jako wynik renderingu modelu konstrukcji tego samego typu z określoną pozycją obserwatora. Polega ona na analizie porównawczej obecnego stanu konstrukcji, odzwierciedlonej na zdjęciach, z wzorcem uzyskanym z modelu, który zostanie wygenerowany w środowisku CAD.

Do wygenerowania obrazu wirtualnego zostało wykorzystane środowisko AutoCAD. Metalowe konstrukcje wsporcze, mimo że istnieje wiele ich typów, są konstrukcjami stosunkowo prostymi, opisanymi w dokumentacji technicznej, dzięki czemu można stworzyć ich modele w środowisku typu CAD. Do badań wykorzystano słup typu Z52, w szczególności dolną część kratownicy, której model pokazano na rys. 2. Obraz rzeczywistej kratownicy przedstawia rys. 3. Informacją, która należy uzyskać z rzeczywistego zdjęcia jest położenie kamery, tj. jej współrzędne względne, do czego można wykorzystać fotogrametryczne wcięcie wstecz. Przed wykorzystaniem zdjęcia należy dokonać korekty zniekształceń geometrycznych, spowodowanych dyktorsją obiektywu. Można do tego wykorzystać planszę testową oraz specjalistyczne oprogramowanie. Pozycję kamery można także wyznaczyć na podstawie bezpośrednich pomiarów, np. dalmierzem do punktów charakterystycznych słupa lub używając punktowego oświetlenia [7]. Znając współrzędne kamery, można w środowisku AutoCAD wygenerować obraz wirtualny.



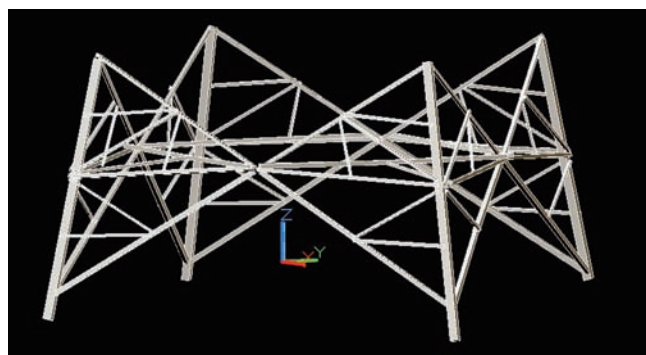
Rys. 1. Algorytm działania metody zdjęć wirtualnych
Fig. 1. An algorithm for the method of virtual images

Niezbędne przy tym są dane kamery, takie jak ogniskowa (kąty $V \times H$) oraz rozdzielczość matrycy.

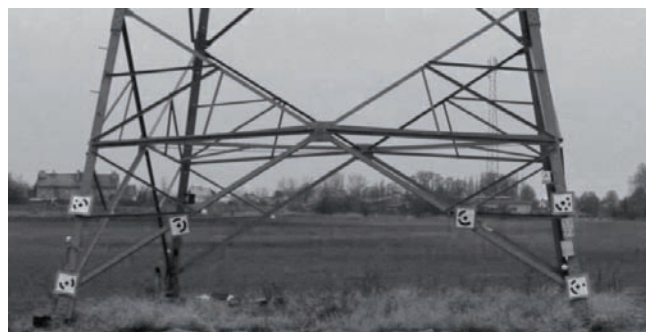
Po określeniu pozycji aparatu wykonano obraz wirtualny (rendering), który pokazano na rys. 4. Jak nietrudno zauważyć, na obrazie uzyskanym z renderingu nie występuje tło istniejące na zdjęciu rzeczywistym. Można byłoby je oczywiście dodać, ale wydaje się, że lepszym rozwiązaniem jest usunięcie tła ze zdjęcia rzeczywistego.

Można w tym celu wykorzystać maskę stworzoną na podstawie chromatyki zdjęcia (kolor kratownicy powinien różnić się od tła), czy wykonane z tej samej pozycji obrazy termowizyjne (konstrukcja stalowa ma w zależności od nasłonecznienia, pory roku i dnia wyraźnie inną temperaturę niż otoczenie). Można też wykorzystać obrazy wirtualne z renderingu, przy czym należy wspomagać się chromatyką zdjęcia. Iloczyn maski (jako obrazu binarnego) oraz zdjęcia przedstawiono na rys. 5. Pomimo tego, że obraz wynikowy został przekształcony do obrazu monochromatycznego, to na tak przetworzonym zdjęciu bardzo dobrze widać budowę kratownicy słupa.

Korzystając ze zdjęcia rzeczywistego i obrazu wirtualnego można uzyskać obraz, na którym widać wszystkie istniejące elementy konstrukcji, które zgodnie z dokumentacją powinny się znajdować na obiekcie rzeczywistym. Można przy tym stwierdzić, czy któregoś z elementów nie brakuje. Detekcję tego typu można uzyskać, stosując różnicę obrazu wirtualnego i przetworzonego zdjęcia rzeczywistego. Aby pokazać efekt działania przedstawi-



Rys. 2. Zamodelowany fragment kratownicy
Fig. 2. A modelled part of the truss



Rys. 3. Zdjęcie rzeczywistej kratownicy
Fig. 3. A photo of a real truss

nej metody ze zdjęcia obiektu rzeczywistego usunięto pewien fragment, oznaczony pętlą (rys. 6). Obraz ten poddano opisanym wcześniej analizom, a po przetworzeniu brakujący element został wyróżniony wybranym kolorem. Taki efekt powinien zasugerować dokładniejsze sprawdzenie stanu konstrukcji.

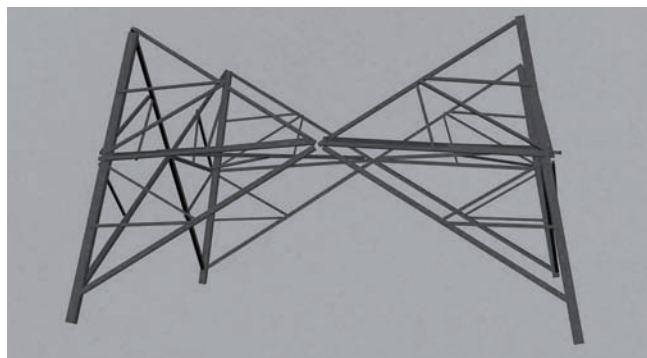
3. Podsumowanie

Zaproponowana metoda może być skutecznym narzędziem służącym do wstępnej, automatycznej analizy materiału fotograficznego w celu stwierdzenia kompletności konstrukcji wsporczych. Ponieważ na pojedynczym zdjęciu mogą nie być widoczne wszystkie elementy konstrukcji, to do pełnej analizy wymaganych jest kilka zdjęć, wykonanych z różnych punktów. Dalszy rozwój badań ma na celu zautomatyzowanie całego procesu, w szczególności automatyczne generowanie obrazów wirtualnych. Istotne jest również opracowanie metody automatycznego wyznaczenia pozycji aparatu na podstawie charakterystycznych elementów konstrukcji.

Linia elektroenergetyczna nie składa się jedynie z konstrukcji wsporczych. Metodę tę będzie można wykorzystać również do diagnostyki innych elementów np. osprzętu ochronnego, izolatorów oraz prawidłowego położenie przewodów. Możliwości detekcji można rozszerzyć wykorzystując analizę chromatyczną, np. do wykrycia widocznej korozji, ubytków porcelany izolatorów.

Bibliografia

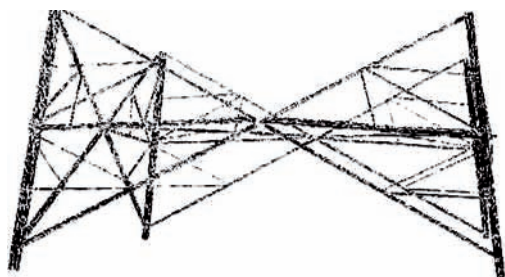
1. Bartodziej G., Tomaszewski M., *Polityka energetyczna i bezpieczeństwo energetyczne*, Wydawnictwo Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Energetyka i Środowisko, Warszawa 2008.
2. Głuch I., Krzyżanowski J., *System diagnostyki geometrii obiektów energetycznych*. „Pomiary Automatyka Kontrola”, nr 9bis/2005.
3. Hua L., *3D medical image segmentation approach based on multi-label front propagation*. Image Processing, 2004. ICIP '04. 2004 International Conference, 2925–2928.
4. Gasz R., Zator S., *Evaluation of selected elements of a power line with using CAD environment*, [in:] Tomczuk B., Waindok A., Zimon J., Wajnert D. (ed.): *Electrodynamic and Mechatronic Systems SELM 2013*, 47–48, DOI: 10.1109/SELM.2013.6562973.
5. Zator S., Gasz R., *Identyfikacja elementów linii elektroenergetycznych z wykorzystaniem zdjęć wirtualnych*, [w:] (red.) Zator S., Tomaszewski M., *Wybrane zagadnienia gospodarki remontowej energetyki*, Nowa Energia, Opole 2012.
6. Tadeusiewicz R., *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997.
7. Z. Xing-lin, *Image Processing in Vision 3D Coordinate Measurement System*, Image and Signal Processing, 2009. CISP '09. 2nd International Congress, 1–5.



Rys. 4. Wygenerowany obraz wirtualny
Fig. 4. A generated virtual image



Rys. 6. Obraz z usuniętym fragmentem kratownicy
Fig. 6. An image with a piece of truss removed



Rys. 5. Wynik iloczynu dwóch obrazów
Fig. 5. The result of the conjunction of two images

Assessment of the Supporting Structures on the Basis of Images

Abstract: This paper presents the method of performing semi-automatic diagnostics the truss of high voltage lines with metric photos. The diagnostics of power lines is an important part of their work, especially whilst determining which elements of the structure require repair or replacement, it is usually time-consuming and expensive. The methods presented in this paper can help determine the technical condition of the truss. It is based on a comparison of real life images with virtual ones generated based on 3D models, based on technical documentation. With the aid of the implemented method, it is possible to analyze also the data previously collected. It may also be performed in real time during the test. Working online allows for a quicker selection of the truss for further evaluation.

Keywords: diagnostics, power line, supporting structures, image processing, metric photo

dr hab. inż. Sławomir Zator, prof. PO

s.zator@po.opole.pl

Aktualnie prodziekan ds. nauki na Wydziale Inżynierii Produkcji i Logistyki Politechniki Opolskiej. Podstawowy obszar działalności naukowej obejmuje metrologię, w obszarze pomiaru wielkości nieelektrycznych oraz diagnostykę eksploatacyjną urządzeń i instalacji energetycznych. Autor dwóch monografii w obszarze pomiaru strumienia płynów. Członek Komisji Metrologii i Komisji Elektroniki Oddziału PAN w Katowicach.



mgr inż. Rafał Gasz

r.gasz@po.opole.pl

Asystent na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej. Pracę doktorską realizuje w dyscyplinie Automatyka i Robotyka. Zainteresowania badawcze skupiają się wokół technik związanych z przetwarzaniem obrazów. Zajmuje się zastosowaniem metod fotogrametrycznych w identyfikacji obiektów przestrzennych oraz problemami związanymi z diagnostyką i oceną stanu elementów linii elektroenergetycznych.

