



Eugeniusz Piechoczek*

KRAJOWE DOŚWIADCZENIA W ZAKRESIE WYKORZYSTANIA ŚMIGŁOWCÓW DO DIAGNOSTYKI SIECI, STAN DOTYCHCZASOWY I NOWE MOŻLIWOŚCI

Polska jako powojenny producent śmigłowców wniosła swój wkład w rozwój usług lotniczych. W 1949 roku inżynierowie Bronisław Żurakowski, Tadeusz Hyliński, Zbigniew Brzoska przystąpili do budowy pierwszego śmigłowca doświadczalnego. Jednak pierwsze zastosowania śmigłowców w tzw. lotnictwie gospodarczym miało miejsce na początku lat siedemdziesiątych. Jednym z zastosowań było patrolowanie linii energetycznych. Były to działania pionierskie, które przy zaangażowaniu finansowym i personalnym okręgów energetycznych nie przyniosły oczekiwanych rezultatów. Z perspektywy czasu dostrzegamy następujące przyczyny tego niepowodzenia:

- lotnictwo cywilne jako dział gospodarki nie był promowany o czym świadczy podległość Centralnego Zarządu Lotnictwa Cywilnego pod Departament Kolei Wąskotorowych w Ministerstwie Komunikacji;
- śmigłowiec jako środek transportu był mało znany, przez co kontakt z tą maszyną budził niepewność i grozę;
- personel działów eksploatacji linii zobligowany do wykorzystania śmigłowca traktował ten środek transportu „jako zło konieczne” ze względu na nieznaną jakość zagadnień związanych z użytkowaniem tego sprzętu;
- nieufność tę pogłębiały załogi obsługujące ten sprzęt kreując szereg problemów przed każdym wylotem; i tak aby dokonać pomiaru termowizyjnego trzeba było skoordynować w jednym czasie następujące elementy: obciążenie linii, pogodę,

* TURAVIA sp. z o.o.

paliwo, sprawny śmigłowiec, zgodę na lot, kamerę z operatorem, wolę wykonania lotu przez załogę itd.; każdy z tych czynników decydował o powodzeniu zadania czyli wykonaniu lotu i zebraniu wyników;

- osoby odpowiedzialne za pracę dla śmigłowca umieszczały te zadania na samym końcu listy zakresu obowiązków;
- podstawowy wpływ na niepowodzenie miał czynnik ludzki; nie było wspólnoty interesu pomiędzy wykonującym lot pilotem, a oczekującym określonych rezultatów energetykiem; doprowadziło to do ogólnego niezadowolenia z wyników przy odpowiednio dużych kosztach; powstało przeświadczenie, że śmigłowiec jest narzędziem bardzo droгим i mało skutecznym i w konsekwencji w końcu lat osiemdziesiątych odstąpiono od wykorzystania śmigłowców.

Jednak eksploatacja linii elektroenergetycznych w warunkach gospodarki rynkowej doprowadziła do weryfikacji tych poglądów. I podobnie jak w wielu krajach rozwiniętych tak i w Polsce śmigłowiec staje się narzędziem w eksploatacji linii elektroenergetycznych. Osiągnięto to przez właściwe zarządzanie sprzętem oparte na spełnianiu potrzeb rynkowych. Generalna koncepcja polega nie na sprzedaży sprzętu lecz na sprzedaży kompletnej usługi diagnostycznej czy eksploatacyjnej, gdzie wykorzystuje się śmigłowiec jako środek transportu.

Przedstawiony poniżej zakres prac został opracowany pod kątem potrzeb jednostek zajmujących się utrzymaniem i eksploatacją linii elektroenergetycznych 110, 220 i 400 kV i obejmuje:

- zintegrowany system oględzin górnych linii wysokiego napięcia;
- prace na linii elektroenergetycznej;
- pozycjonowanie słupów w systemie satelitarnym;
- inne prace związane z eksploatacją linii.

Proponowany przez nas zintegrowany system oględzin linii wysokiego napięcia uzyskał na IX Targach „Nowoczesna Technika w Energetyce — 1996” wyróżnienie Ministra Przemysłu i Handlu oraz brązowy medal Polskich Sieci Elektroenergetycznych SA. System ten od 1994 lat został stworzony przy współudziale PSE SA OESP Katowice i jest wykorzystywany przez „PSE-POLUDNIE” sp. z o.o.

Istotą prowadzonych przez nas prac jest wykorzystanie najbardziej nowoczesnych i efektywnych procedur technologicznych, wdrożonych w oparciu o doświadczenia zebrane w przodujących w tym zakresie krajach, takich jak: Francja, USA, Hiszpania.

Proponowany zintegrowany system oględzin górnych linii wysokiego napięcia obejmuje diagnostykę i prace eksploatacyjne.

I. Oględziny linii:

1. okresowe, przeprowadzane średnio dwa razy do roku (celem oceny aktualnego stanu technicznego linii), z mocy przepisów państwowych, przez właścicieli sieci — obejmują one wszystkie linie pozostające w eksploatacji danej jednostki;

2. poawaryjne, przeprowadzane po zadziałaniu automatyki zabezpieczającej w celu dokładnej lokalizacji przyczyny wyłączenia linii oraz określenia procedur usunięcia awarii — wykonywane na określonym odcinku linii;
3. przed podjęciem prac konserwacyjno-remontowych, w celu przygotowania poleceń na wykonanie prac w określonym miejscu lub na określonym odcinku linii;
4. przed odbiorem prac konserwacyjno-remontowych, w celu oceny dotrzymania warunków technicznych wykonania prac;

- II. pomiary linii w podczzerwieni i z wykorzystaniem zjawiska ulotu,
III. wizualizację trasy linii.

1. Oględziny linii elektroenergetycznych

1.1. Oględziny okresowe linii

Zakres oględzin okresowych linii obejmuje:

- ogólny przebieg terenowy linii;
- ocenę stanu łańcuchów, izolatorów wraz z osprzętem, przewodów, odstępników, tłumików, zakratowania konstrukcji słupów;
- ocenę stanu zadrzewienia;
- ocenę odcinków zagrożonych (ważne skrzyżowania, tereny zagrożone szkodami górnictwami, trasy przelotów ptaków itp.);
- usytuowanie obiektów mieszkalnych i gospodarczych na trasie przebiegu linii.

Zalety proponowanej przez nas procedury przeprowadzania okresowych oględzin linii to w porównaniu do procedur tradycyjnych:

- zmniejszenie kosztów (wg analiz przeprowadzonych w USA o około 50%) wynikające między innymi z:
 - faktu prowadzenia obserwacji bez powodowania szkód na powierzchni ziemi (np. uprawy rolne);
 - szybkości przeprowadzania oględzin (śmigłowiec a człowiek poruszający się pieszo);
 - operatywności wynikającej z łatwości przemieszczania się ekipy przeprowadzającej oględziny;
- większa efektywność wyników oględzin wynikająca z faktu, że:
 - prowadzone są z góry a nie z dołu (pełna widoczność korony słupa);
 - są mniej uzależnione od warunków atmosferycznych — mimo ograniczeń w wykorzystywaniu śmigłowców przy złych warunkach atmosferycznych;
 - obejmują całą trasę linii z uwagi na brak naturalnych przeszkód terenowych występujących przy oględzinach z ziemi (zagrodzenia, krzaki, uprawy rolne itp.);

- możliwości techniczne śmigłowca pozwalają na dokładne obejrzenie miejsca uszkodzonego lub zagrożonego uszkodzeniem w najbliższym czasie (zawieszenie nad słupem w niewielkiej bo parometrowej odległości od miejsca uszkodzenia);
- bardziej wiarygodna metoda wykonywania oględzin i wcześniejsze sygnalizowanie zagrożeń wpływają na zmniejszenie ilości awarii wywołanych zmęczeniem materiału;
- mogą być prowadzone dwustopniowo;
- mogą dokumentować przebieg całej trasy linii.

Proponujemy wykonanie okresowych oględzin linii z powietrza tj. z pokładu śmigłowca lecącego ze średnią szybkością 40–50 km/godz. w jednym z czterech przedstawionych niżej wariantów:

- przez własnego obserwatora jednostki eksploatującej linię;
- przez naszego specjalnie przeszkolonego obserwatora;
- przez zainstalowaną na pokładzie śmigłowca kamerę B-cam;
- przez naszego obserwatora wyposażonego w system KORONA.

W pierwszym z wymienionych wariantów wyniki obserwacji opracowywane są we własnym zakresie przez jednostkę eksploatującą linię.

W wariantcie drugim nasz obserwator:

- natychmiast po powrocie śmigłowca do bazy tj. w praktyce po 2–3 godzinach od zauważenia uszkodzeń wymagających pilnej interwencji przekazuje odpowiednią informację telefonicznie;
- składa w terminie do 3 dni po zakończeniu lotu pisemny raport z dokonanych oględzin.

W wariantcie trzecim i czwartym wyniki okresowych oględzin linii przekazywane są w dwóch etapach:

- natychmiast po powrocie śmigłowca do bazy tj. 2–3 godzinach od zauważenia uszkodzeń wymagających pilnej interwencji w formie meldunku telefonicznego potwierdzanego przekazywaną bezpośrednio lub telegraficznie notatką;
- w terminie do 7 dni od przeprowadzenia informacji w formie opracowanego raportu z oględzin linii łącznie z taśmą z kamery B-cam.

W każdym z ww wariantów informacja o uszkodzeniach linii wymagających natychmiastowej interwencji przekazywana jest z pokładu śmigłowca po zauważeniu uszkodzenia.

Okresowe oględziny linii prowadzone są w oparciu o opracowany wspólnie przez Zleceniodawcę i Wykonawcę harmonogram.

Obserwator określa precyzyjnie przyczynę i miejsce uszkodzenia oraz sugeruje sposób usunięcia przyczyny awarii, taśma B-cam stanowi dodatkową dokumentację miejsca i rodzaju uszkodzenia.

1.2. Oględziny poawaryjne linii

Zakres oględzin poawaryjnych linii obejmuje:

- oględziny określonego odcinka linii w celu ustalenia przyczyn automatycznego wyłączenia linii;
- określenie rodzaju uszkodzenia.

Zalety proponowanej przez nas procedury przeprowadzania oględzin poawaryjnych linii to:

- zmniejszenie kosztów wynikające między innymi z:
 - faktu prowadzenia oględzin bez powodowania szkód na powierzchni ziemi;
 - szybkości przeprowadzania oględzin (dotarcie do odcinka wskazanego jako przyczyna wyłączenia linii, czasu i warunków przeprowadzania oględzin);
 - łatwości przemieszczania się ekipy przeprowadzającej oględziny niezależnie od warunków terenowych;
- większa efektywność wyników oględzin wynikająca z faktu, że:
 - prowadzone są z góry a nie z dołu;
 - są mniej uzależnione od warunków atmosferycznych;
 - obejmują całą trasę wskazanego odcinka;
 - możliwości techniczne śmigłowca pozwalają na dokładne obejrzenie miejsca uszkodzonego;
 - prowadzone są dwustopniowo (obserwacja bezpośrednia i zarejestrowany na taśmie filmowej obraz);
- dodatkowym efektem jest skrócenie czasu wyłączenia linii z eksploatacji dzięki szybszemu i bardziej precyzyjnemu określeniu przyczyn wyłączenia linii, miejsca i rodzaju awarii.

Obserwator określa precyzyjnie przyczynę i miejsce uszkodzenia oraz sugeruje sposób usunięcia przyczyny awarii, taśma B-cam stanowi dodatkową dokumentację miejsca i rodzaju uszkodzenia.

1.3. Oględziny dokonywane przed podjęciem prac konserwacyjnych i remontowych

Mają na celu właściwe przygotowanie tych prac i obejmują one:

- określenie zakresu prac, które winny być wykonane w oparciu o aktualny stan miejsca w którym będą wykonywane prace konserwacyjne (remontowe);
- określenie potrzebnych do wykonania prac, o których mowa wyżej materiałów, narzędzi i sprzętu;
- określenie składu ekipy naprawczej.

Oględziny te wykonywane są w miarę zgłaszania przez jednostkę takich potrzeb tj. bez przygotowanego wcześniej harmonogramu.

1.4. Oględziny przeprowadzane po wykonaniu prac konserwacyjno-remontowych

Przeprowadzane w celu oceny dotrzymania warunków technicznych wykonania prac, obejmują oględziny określonego odcinka linii na którym wykonywane były prace i mają na celu przygotowanie protokołu odbioru tych prac.

Oględziny ze śmigłowca nie dają jednak pełnego obrazu stanu linii dlatego też powinny być wykonywane zamiennie z obchodem pieszym.

2. Pomiary termowizyjne linii elektroenergetycznych i inne technologie diagnostyczne

Termografia (tworzenie mapy termalnej powierzchni badanego obiektu) jest nowoczesną techniką pozwalającą na identyfikację miejsc nadmiernego przegrzewania się elementów urządzeń elektrycznych podczas ich pracy pod obciążeniem.

Pomiar termowizyjny pozwala na przeprowadzenie kontroli połączeń prądowych uchwytów odciążowych na słupach odporowych oraz złączach międzyprzęsłowych. Ocena stanu połączeń dokonywana jest przez porównanie zmierzonych przyrostów temperatury łączonych przewodów z wartościami stanowiącymi punkt odniesienia (zależnymi od: temperatury powietrza, emisyjności powierzchni, przekroju przewodu, obciążenia prądowego) w stosunku do wartości dopuszczalnej dla obciążenia długotrwałego. Przy tej metodzie możliwe jest zlokalizowanie miejsc o różnicy temperatur nawet do $0,1^{\circ}\text{C}$. Dla zapewnienia opłacalności operacji kontrola linii przeprowadzana jest przy obciążeniu wynoszącym minimum 50% prądu znamionowego danej linii.

Podstawowe korzyści płynące z zastosowania termowizji to:

- krótszy czas i mniejsze koszty przestojów linii;
- tańsza eksploatacja i obsługa linii;
- mniejsze koszty kontroli stanu linii;
- wykonywanie diagnostyki pod pełnym obciążeniem, przy jednoczesnym zwiększeniu bezpieczeństwa pracy.

Pomiary termowizyjne wykonywane są raz w roku dla wybranych odcinków linii — optymalnym okresem wykonywania pomiarów jest październik–marzec z uwagi na temperaturę tła.

Kryteria wyboru odcinków linii do przeprowadzenia pomiarów termowizyjnych stanowią:

- ogólny stan techniczny linii;
- wiek linii;
- stopień maksymalnego obciążenia linii w warunkach normalnej eksploatacji;
- czas, który minął od poprzednich pomiarów termograficznych

Wyniki pomiaru podobnie jak w przypadku rutynowych oględzin linii są przekazywane:

- po powrocie śmigłowca z lotu w czasie którego wykonywane będą pomiary tj. w praktyce po 2–3 godzinach od przeprowadzenia pomiaru w przypadkach wymagających pilnej interwencji (różnice temperatur powyżej 35°C);
- w terminie do 7 dni od każdego pomiaru po opracowaniu danych zebranych w trakcie pomiaru w postaci kompletnego opracowania zawierającego poza opisem stanu stwierdzonego w trakcie pomiaru, wnioski odnośnie potrzeby wymiany określonych elementów linii z pełną dokumentacją fotograficzną nazwa linii, nr słupa, oznaczenie, przyrost temperatury).

Aktualnie nowe technologie wykorzystujące zjawisko ulotu zastępują pomiary termowizyjne, które spełniają rolę pomiaru uzupełniającego.

3. Wizualizacja trasy linii

Rejestracja terenowego przebiegu linii napowietrznych za pomocą kamer cyfrowych ułatwia personelowi eksploatacyjnemu zapoznanie się z trasą przebiegu linii oraz identyfikację zagrożeń związanych z otoczeniem linii. Natychmiastowym efektem jest ocena lokalizacji obiektów gospodarczych usytuowanych pod linią czy w jej najbliższym sąsiedztwie, szczególnie obiektów mieszkalnych. Dzięki zarejestrowanemu obrazowi można również oszacować wielkość kompleksów leśnych, a także kęp pojedynczych drzew mogących zagrażać pracy linii. Przy dodatkowym zastosowaniu platformy obszarowej z dalmierzem laserowym uzyskuje się informacje o odległości linii od drzew i innych przeszkód. Polega to na tym, że każdy sygnał odbity odbierany przez urządzenie zamontowane na śmigłowcu zapisywany jest jako pozycja XYZ wg danych z GPS. Zapisane dane są przetwarzane przez filtr cyfrowy, który rozróżnia odbicie od drzew, linii i od ziemi. Przy zastosowaniu GPS różnicowego dokładność pomiaru jest centymetrowa.

Prace na linii elektroenergetycznej

Pod tym pojęciem rozumiemy usługi całość spraw związanych z wykonaniem prac na linii zarówno w zakresie usuwania awarii jak i obsługi eksploatacyjnej linii. Wykonywanie tych prac możliwe jest pod napięciem lub w pobliżu napięcia.

Obejmują one:

- transport ekipy naprawczej, materiałów i sprzętu z bazy do miejsca naprawy i z powrotem po zakończeniu prac;
- prace na przewodzie odgromowym (zakładanie: oznakowań przewodów dla ruchu lotniczego, tłumików drgań, elementów ochronnych przed ptakami, uchwytów opłotowych na miejsca uszkodzeń czy rozpleceń);
- prace na przewodzie roboczym (zakładanie: złączek reperacyjnych, tłumików drgań, odstępników, wymiana odstępników);
- prace na przewodzie ze światłowodem (zakładanie złączek reperacyjnych, kontrola skrzynek łączeniowych);

- uzupełnienie brakujących elementów słupów (kątowniki, pręty stężeniowe, tabliczki ostrzegawcze i informacyjne);
- naprawy fundamentów i taśm uziemiających;
- wykrzewianie stanowisk słupów.

Wykonywanie powyższych prac z wykorzystaniem śmigłowca pozwala na:

- zwiększenie możliwości ekip naprawczych i lepsze wykorzystanie ich czasu pracy z uwagi na szybkość transportu i skrócenie drogi dojazdu do miejsca naprawy;
- uniknięcie odszkodowań z tytułu zniszczenia upraw, w trakcie dotarcia do miejsca naprawy (droga przez pola) jak i w czasie samej naprawy;
- skrócenie czasu samej naprawy — śmigłowiec wspomaga ekipę jako dźwig i podnośnik;
- skrócenie czasu wyłączenia linii z eksploatacji, co w efekcie pozwala na zmniejszenie kosztów utrzymania linii w gotowości eksploatacyjnej.

Przedsiębiorstwo nasze opracowało instrukcję bezpieczeństwa do wszystkich rodzajów prac eksploatacyjnych z użyciem śmigłowca. Instrukcja jest zgodna z obowiązującymi regulacjami prawnymi. Ponadto opracowana jest generalna koncepcja oraz karty technologiczne do prac pod napięciem. Aktualnie w opracowaniu jest plan wdrożenia tej technologii w warunkach Polskich.

Pozycjonowanie słupów w systemie satelitarnym

Proponujemy wykorzystanie w tym celu najnowszych technologii tj. techniki satelitarnej i laserowej.

Zdjęcia video (kamera typu BETACAM) wykonywane są z pokładu śmigłowca lecącego wzdłuż trasy linii elektroenergetycznej. Zainstalowany na pokładzie śmigłowca system GPS (Global Position System) pozwala na ustalenie w każdym momencie współrzędnych geograficznych obiektu. Po powrocie z oblotu seria ukośnych zdjęć lotniczych zdefiniowanych we współrzędnych geograficznych jest odczytywana z taśmy video (montaż klatka po klatce). Przy pomocy komputera zdjęcia te przegrywane są na dysk CD i kojarzone z mapą numeryczną trasy. Na ekranie komputera wyświetlane są wykazy oraz mapy tras. Każdy obraz obiektu przywołany na ekran monitora komputera jest lokalizowany na mapie i określany współrzędnymi geograficznymi.

Możliwe jest również:

- wyświetlenie charakterystyki technicznej wszystkich punktów trasy;
- drukowanie wszystkich obrazów z ekranu monitora na kolorowej drukarce;
- kopiowanie na kasetach video typu VHS zdjęć wykonywanych kamerą BETACAM w celu pozyskiwania materiałów do przeglądania lub prezentacji; dane odnośnie lokalizacji słupów podawane są z dokładnością do 20 cm w poziomie, a dane dotyczące obwisu linii z dokładnością do 10 cm w pionie.

Porównanie map (diagramów) z kolejnych okresów (aktualizacja danych winna być wykonywana w przypadku zmian na trasie linii lub w stałych okresach czasowych np. co 3–5 lat) pozwala na ustalenie różnic w lokalizacji słupów (szczególnie ważne na terenach zagrożonych uszkodzeniami górnictwami), rejestrację obwisów przewodów, odległości przewodów od roślinności itp.

W efekcie zastosowania proponowanej przez nas technologii uzyskuje się:

- topograficzną rejestrację przebiegu linii;
- pomiar i rejestrację odległości przewodów od powierzchni terenu i roślinności;
- analizę porównawczą (w czasie) lokalizacji słupów, aktualizację danych dotyczących przebiegu linii oraz zmian położenia i naprężeń.

Śmigłowiec okazuje się ważnym i pewnym narzędziem realizacji szeregu rodzajów prac związanych z utrzymaniem linii będących pod napięciem i stanowi skuteczne uzupełnienie metod tradycyjnych, zwiększając skuteczność i bezpieczeństwo prac.

Wykorzystanie takich technik operacyjnych wymaga jednak kontroli stosowanych układów, a także doskonałego wyszkolenia uczestników tych zadań.

Jednym z zasadniczych aspektów procesu wprowadzania nowej techniki pracy jest przekonanie o korzyściach z zastosowania nowych technologii a w następstwie ściśle przestrzeganie ustalonych sposobów postępowania aby zapewnić bezpieczne warunki pracy i uzyskać oczekiwany efekt.

Aby zoptymalizować wykorzystanie nowoczesnych technik niezbędnym jest wspólne rozwijanie technologii przez spółki przesyłowe i dystrybucyjne.