

mł. bryg. dr inż. Ryszard CHYBOWSKI
mł. kpt. mgr inż. Szymon PTAK
Zakład Elektroenergetyki, SGSP

BEZPIECZEŃSTWO PORAŻENIOWE STRAŻAKÓW BIORĄCYCH UDZIAŁ W GASZENIU POŻARU LASU

Niniejsze opracowanie porusza problematykę zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym strażaków podczas działań ratowniczo-gaśniczych prowadzonych na terenach leśnych.

In this paper electrical hazards to fire fighters during wildfire ground operations are analyzed and some safety rules are proposed.

1. WPROWADZENIE

Dostarczanie energii elektrycznej do poszczególnych budynków lub grup budynków realizowane jest z użyciem linii elektroenergetycznych. Na terenach wiejskich są to zazwyczaj linie napowietrzne z gołymi przewodami, często prowadzone wycinkami leśnymi. W lasach z kolei, szczególnie w najgorętszych miesiącach roku, często powstają pożary – ponad 8,5 tys. tylko w 2009 r. [1]. Zjawisko to stanowi zagrożenie dla linii elektroenergetycznych, a w konsekwencji ma wpływ na ryzyko porażeniowe strażaków prowadzących działania gaśnicze. Według danych NFPA [2] w latach 1980-1990 odnotowano 10 wypadków śmiertelnych strażaków walczących z pożarami lasu. Należy podkreślić, iż statystyki te nie obejmują śmierci na skutek wyładowań atmosferycznych. Zbadawszy każdy incydent z osobna stwierdzono, że w jednym z nich przyczyną zgonu było zatrucie produktami rozkładu termicznego izolacji linii. W pozostałych przypadkach głównymi przyczynami

tragedii było porażenie na skutek wystąpienia zjawiska napięcia krokowego lub bezpośredniego dotyku przewodu pod napięciem.

Dane statystyczne na temat awarii napowietrznych linii elektroenergetycznych wskazują na znaczący udział konarów drzew. W przypadku zbyt małej odległości pomiędzy drzewami a przewodami mogą one spowodować ich zerwanie na skutek np. oddziaływania silnych wiatrów. W niektórych przypadkach zetknięcie się gałęzi z linią powoduje powstanie pożaru lasu. Stąd nie bez znaczenia dla bezpieczeństwa pożarowego i porażeniowego pozostaje właściwa konserwacja przecinek leśnych.

2. STANY AWARYJNE LINII NAPOWIETRZNYCH

Przesył i rozdział energii elektrycznej do odbiorców zamieszkujących tereny wiejskie wiąże się z pewną problematyką. Klienci bowiem skupieni są w stosunkowo małych grupach, co zmusza spółki dystrybucyjne do prowadzenia linii przez lasy. Wiąże się to z zagrożeniem porażeniem prądem elektrycznym, głównie strażaków biorących udział w akcjach gaśniczych podczas pożarów lasu.

Przesył i rozdział energii elektrycznej z GPZ (Główny Punkt Zasilający) do poszczególnych stacji transformatorowo-rozdziałczych prowadzony jest liniami SN i dalej do odbiorców liniami niskiego napięcia – na terenach wiejskich zazwyczaj liniami napowietrznymi.

Awaryjność linii napowietrznych w dużym stopniu jest uzależniona od warunków atmosferycznych: wichur, burz, śnieżyc, mrozów. Znaczny wpływ na awarie zimowe ma obciążenie szadzią, o czym przekonali się choćby mieszkańcy powiatu myszkowskiego (woj. śląskie) z początkiem 2010 r. Jednak najczęstszą przyczyną awarii linii elektroenergetycznych jest ich poziom wyeksploatowania. Większość z nich zbudowano w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku, co wobec założonego czasu eksploatacji linii SN wynoszącego 25 lat tłumaczy ich awaryjność.

Statystycznie rzecz ujmując, najczęściej uszkodzeniu ulegają izolatory i przewody. Znacznie rzadziej przyczyną awarii okazują się słupy, sprzęt czy konstrukcje, przy czym pierwszy przypadek należy rozumieć jako przewrót słupa i doziemienie przewodu, podczas gdy w pozostałych dwóch aspektach może do tego dojść, aczkolwiek błędem byłoby traktowanie zwarcia doziemnego jako pewnik.

Wynika z tego, że stany awaryjne linii napowietrznych mogące stwarzać zagrożenie porażeniowe w czasie akcji gaśniczej związane są z uszkodzeniem izolatora na słupie albo zerwaniem przewodu linii. W przypadku wystąpienia

przebiecia w izolatorze napięcie pojawi się na elemencie nie biorącym udziału w przesyłaniu energii (słupie). Należy rozważyć dwie możliwości:

- słup przewodzi prąd,
- słup nie przewodzi prądu.

Mając na uwadze słup przewodzący prąd wystąpi zwarcie z ziemią oraz przepływ prądu o wartości wynikającej z impedancji zwarciowej pętli zwarcia. Należy podkreślić, że wartość prądu zwarcia zależy od pracy punktu neutralnego linii. Z reguły w liniach SN występuje punkt neutralny bezpośrednio nie połączony z ziemią, przez co prąd zwarcia będzie stosunkowo mały i w niektórych przypadkach automatyka zabezpieczeniowa może nie wykryć awarii lub zadziałać po stosunkowo długim czasie.

Linie niskiego napięcia pracują w układzie TN-C i doziemienia w tych układach powodują względnie duże wartości prądu zwarcia. Teoretycznie zatem zabezpieczenia powinny w krótkim czasie wyłączyć linie. Znane są jednak przypadki, w których do tego nie doszło, co w konsekwencji doprowadzało do pożaru transformatora. W przypadku długotrwałego przepływu prądu zwarcia strażak przebywający w bezpośrednim sąsiedztwie słupa zagrożony jest porażeniem na skutek wystąpienia zjawisk napięcia krokowego oraz dotykowego.

Przy przebieciu izolatora, w przypadku słupa nieprzewodzącego, automatyka zabezpieczeniowa nie otrzyma żadnego sygnału dotyczącego awarii. Może jednak dojść do sytuacji, w której ów słup zmieni swoje własności izolacyjne i będzie przewodził prąd. Wówczas strażak narażony zostanie na porażenie prądem.

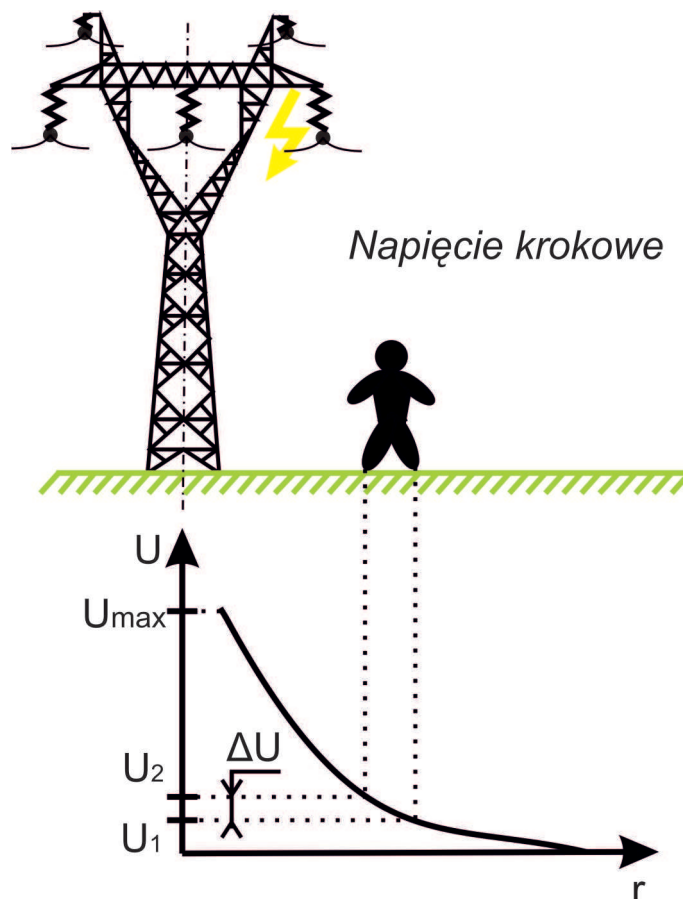
Bardzo duże zagrożenie porażenia prądem wystąpi w przypadku doziemienia linii o nieokreślonej impedancji uziomu, do czego dojdzie na skutek zerwania gołego przewodu linii napowietrznej, który może znajdować się pod znamionowym napięciem. Jest to wysoce prawdopodobne z racji stosowania układu zasilania sieci wysokiego napięcia ograniczającego prąd zwarcia jednofazowego.

Istotny z punktu widzenia działań gaśniczych jest również fakt, iż niektóre linie mogą być niewyłączalne, jeżeli wchodzi w skład infrastruktury krytycznej lub nie ma możliwości przesyłu energii do strategicznie ważnych odbiorców inną drogą.

3. ZAGROŻENIE PORAŻENIOWE STRAŻAKA PODCZAS GASZENIA POŻARU LASU

Pożary lasu charakteryzują się określoną specyfiką, m.in. wysoką dynamiką związaną np. z oddziaływaniem wiatru. Strażacy biorący udział w akcjach

gaśniczych narażeń są na szereg zagrożeń, do których niewątpliwie należy zaliczyć możliwość porażenia prądem elektrycznym, w przypadku prowadzenia działań w bezpośrednim sąsiedztwie linii elektroenergetycznych. Przyczyną takiego stanu rzeczy będą stany awaryjne linii inicjujące pożar, ale także sytuacja odwrotna, w której zaistnienie pożaru warunkuje uszkodzenie linii.



Rys. 1. Ilustracja zjawiska napięcia krokowego
Źródło: opracowanie własne.

Porażenie może wystąpić w formie przepływu prądu na drodze ręka–noga lub noga–noga. Ten ostatni przypadek związany jest ze zjawiskiem tzw. napięcia krokowego U_k , występującego w pobliżu miejsc spływu prądu do ziemi, co ilustruje rys. 1. Wskutek różnicy potencjałów pomiędzy miejscami styku stóp z ziemią następuje przepływ prądu poprzez nogi człowieka. Zjawisko to jest szczególnie niebezpieczne przy uderzeniu pioruna, jednak nawet względnie mała wartość prądu zwarcia stanowi zagrożenie dla zdrowia i życia.

Wartość napięcia krokowego ma wpływ na rozmiar strefy jego występowania, której zasięg ponadto zależy od rezystancji uziomu – różnej dla każdego uziemionego słupa. W związku z tym podanie konkretnej wartości nie jest możliwe. Wynika stąd, iż strażak nie powinien zbliżać się zarówno do słupów jak i przewodów leżących na ziemi bez uzyskania pewności, że nie są one pod napięciem.

Porażenie prądem na drodze ręka–noga może nastąpić w dwóch przypadkach: bezpośredniego dotknięcia ręką elementu pod napięciem lub skierowania zwartego prądu wody na takowy element. Przez strumień wody może bowiem przepłynąć niebezpieczny prąd zamykający się przez ciało strażaka, o wartości zależnej m.in. od rezystancji strumienia wodnego związanej z poziomem jej zmineralizowania (stopnia twardości), a zatem pośrednio z punktem jej poboru. Opracowano zalecenia, np. [3], [4], [5], dotyczące bezpiecznej odległości podczas gaszenia urządzeń pod napięciem, zarówno przy użyciu prądów zwartych jak i rozproszonych.

Bezsprzecznie najbardziej niebezpiecznym przypadkiem jest sytuacja, w której strażak bezpośrednio dotyka części metalowej pod napięciem. Wówczas przez jego ciało przepływa względnie duży prąd rażenia, czego skutki mogą okazać się tragiczne.

W procesie spalania drewna wydzielane są cząsteczki węgla, popularnie zwane sadzą, których zawartość w dymie bezpośrednio przekłada się na jego kolor. Im ciemniejszy dym, tym większa zawartość sadzy, czyli tym większa gęstość dymu. Cząsteczki węgla z kolei, wskutek niskiego potencjału jonizacyjnego są głównym źródłem jonów (zdolność do ich wydzielania rośnie wraz z temperaturą). Powstają one wskutek przyłączania ładunków generowanych w płomieniu lub w drodze jonizacji termicznej. Istotnym faktem jest, iż obniżają one wytrzymałość elektryczną powietrza. Przeprowadzone badania wykazały jednak, że nawet najbardziej gęsty dym nie jest w stanie spowodować przebicia pomiędzy linią elektroenergetyczną a ziemią.

Problem pojawia się w momencie, gdy pożar zbliża się do sieci przesyłowej lub nawet ma miejsce bezpośrednio pod nią. Wówczas zagrożenie stwarza płomień sam w sobie. Wyniki badań (podsumowanie zawarte w [6]) wykazały, iż pojawienie się płomienia pomiędzy wykorzystanymi w doświadczeniu elektrodami iskiernika kulowego spowodowało znaczny spadek napięcia przebicia. Inne badania opisane w tej samej pracy dowodzą, iż bezpieczna odległość płomienia od linii elektroenergetycznych 400 V wynosi ok. 3 m.

4. ZALECENIA PROFILAKTYCZNE

Akcje gaśnicze podczas pożarów lasu stanowią niewielki odsetek działalności Państwowej Straży Pożarnej. Ponadto jedynie w pewnej części zdarzeń Kierujący Działaniami Ratowniczymi miał do czynienia z zagrożeniem porażeniem prądem elektrycznym. Stąd jedynie część dowódców posiada doświadczenie w radzeniu sobie z tym zagadnieniem. Najczęstszą przyczyną porażień prądem wśród strażaków i elektryków jest szeroko pojmowana rutyna. Nie należy zatem ignorować zagrożenia i profilaktycznie traktować wszelkie przewody, słupy itd. jako będące pod napięciem, jeżeli tylko zachodzi takie podejrzenie. Dlatego w pierwszym momencie akcji Kierujący Działaniami Ratowniczymi winien podjąć działania służące wyłączeniu linii elektroenergetycznej. Do tego czasu należy dopilnować, aby wszyscy strażacy, jak również osoby trzecie, pozostały poza wyznaczoną strefą niebezpieczną.

Prowadzenie akcji gaśniczej na terenach leśnych często będzie wymagać utworzenia sztabu akcji. Ponadto konieczna będzie duża mobilność samochodów pożarniczych oraz służb wspomagających. W miarę możliwości należy unikać bezpośredniego sąsiedztwa linii elektroenergetycznych.

Podczas akcji gaśniczych w lasach może dojść do sytuacji, w której oberwany przewód linii zawisnie na samochodzie. Może nie wystąpić zwarcie doziemne, jednak karoseria samochodu będzie pod napięciem. Człowiek znajdujący się w kabinie będzie bezpieczny. Niebezpieczeństwo pojawi się w sytuacji, gdy konieczne będzie opuszczenie samochodu. W przypadku jednoczesnego dotknięcia elementu karoserii będącej pod napięciem oraz kontaktu z ziemią przez ciało strażaka przepłynie prąd.

Jeżeli zerwany przewód dotykać będzie jednocześnie samochodu oraz ziemi, dodatkowym zagrożeniem będzie napięcie krokowe powstałe w otoczeniu miejsca doziemienia. W takim przypadku opuszczenie strefy niebezpiecznej będzie utrudnione. Aby bowiem uniknąć porażenia należy oddalić się na bezpieczną odległość (zazwyczaj ok. 10 m wg [6]) skacząc obunóż lub przesuając stopy po ziemi, przy czym w obydwu przypadkach nie należy dopuścić do przerwania kontaktu pomiędzy butami, aby nie doszło do porażenia. Należy zauważyć, iż pierwsza podana metoda jest trudniejsza do wykonania, a ponadto wiąże się z nią możliwość upadku, co może się okazać tragiczne w skutkach.

5. PODSUMOWANIE

Podczas akcji gaśniczych w lasach, w pobliżu linii elektroenergetycznych Kierujący Działaniami Ratowniczymi winien zadbać o jej wyłączenie. Należy podkreślić, iż zabezpieczenie linii przez odpowiednie służby zarzutką chroni przed przypadkowym załączeniem obwodu.

W przypadku, gdy z przyczyn obiektywnych nie ma możliwości wyłączenia linii należy z ogromną ostrożnością podejmować działania w otoczeniu linii elektroenergetycznej, a najlepiej ograniczyć działania w przecinkach leśnych.

Planowanie działań gaśniczych na terenach leśnych wymaga ostrożności i rozwagi. Dowodzący powinni uwzględniać obecność linii przesyłowych i wiążących się z tym zagrożeń. Co więcej, w przypadku silnego zadymienia możliwa jest sytuacja, w której strażak nie zauważy linii przesyłowej i skieruje na nią prąd wodny.

Istotny jest przepływ informacji pomiędzy KDRem oraz zarządcami linii elektroenergetycznych. Pracownicy Regionalnego Centrum Nadzoru pomogą w ustaleniu właściciela oraz procedury wyłączenia danej linii.

Istotna z punktu widzenia ochrony zarówno przeciwpożarowej jak i przeciwporażeniowej jest regularna i rzetelna konserwacja wycinek leśnych.

W odróżnieniu od krajów takich jak: USA, Kanada czy Australia, w Polsce brak jest literatury opisującej bezpieczeństwo porażeniowe strażaków. Przez to nie są oni należycie informowani o zagrożeniu.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Statystyki Roczne Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2009.
- [2] HID 15: Firefighters Exposed To Electrical Hazards During Wildland Fire Operations, National Institute of Occupational Safety And Health, Cincinnati, 2002.
- [3] Jeleń D.: Badanie prądów elektrycznych w strumieniach wodnych (praca inżynierska), Szkoła Główna Służby Pożarniczej, materiały niepublikowane.
- [4] Mousa A.M.: Protecting fireman against fire – induced flashovers, Power Delivery, Vancouver, 1990.
- [5] Nailen R.L.: Nozzle Safety At High Voltage Fires, Nowy Jork 1969.
- [6] Chrzan K.L., Wróblewski Z.: Zagrożenie porażeniowe powodowane przez pożary pod liniami elektroenergetycznymi wysokiego napięcia, XIV Konferencja Naukowo-Techniczna ELSAF 2003, Wrocław 2003.

SUMMARY

mł. bryg. dr inż. Ryszard CHYBOWSKI
mł. kpt. mgr inż. Szymon PTAK

ELECTRICAL HAZARDS TO FIREFIGHTERS DURING WILDFIRE GROUND OPERATIONS

Fire operations during wildfires are related to various hazards fire fighters face. One of them is electric shock risk. It is connected with high – tension transmission lines, kilometers of which were built in the forest. Although transmission lines are constantly maintained, many of them were build in 60s and 70s, what increases fault probability. Moreover, water is the cheapest and the most commonly used extinguishing agent, though, in some conditions, during fire operations, it may conduct electricity. Another danger is short – circuit, the result of e.g. insulator’s fault, causing electrical current ground gradient. Hence, firefighter walking next to the transmission tower is exposed to the phenomenon called step potential. The article proposes preventive measures in purpose to improve firefighters’ safety during wildfire operations.