

Lokalizacja obiektów budowlanych w pobliżu linii 110 kV

dr inż. **Marek Olesz**
Politechnika Gdańska

Wydział Elektrotechniki i Automatyki

Minimalne odległości obiektów budowlanych od przewodów linii wysokiego napięcia. Analiza rozkładu pola elektrycznego wokół budynku znajdującego się blisko przewodów linii napowietrznej.

Wraz z projektowaniem obiektów budowlanych należy zgodnie z Prawem budowlanym [1] analizować wpływ planowanej konstrukcji na środowisko naturalne. Obiekt nie powinien stwarzać zagrożeń dla otoczenia w zakresie m.in. emisji szkodliwych pól elektromagnetycznych, hałasu, emisji spalin, drgań. Szczególnie obiekty wznoszone w pobliżu infrastruktury emitującej pole elektromagnetyczne powinny być analizowane z punktu widzenia szkodliwości dla zdrowia ludzkiego. W związku z powyższym **w przypadku planowania inwestycji w otoczeniu linii elektroenergetycznych należy przeanalizować rozkłady pól elektromagnetycznych przy projektowanym obiekcie** i porównać z podanymi w rozporządzeniach [2, 3] dopuszczalnymi poziomami pola elektromagnetycznego. Optymalnym narzędziem do wykonania takiej oceny jest przeprowadzenie obliczeń rozkładu pola elektrycznego i magnetycznego wokół bryły zaprojektowanego budynku w programach wykorzystujących metodę elementów skończonych typu Opera, Femm, Flux itp.

Zgodnie z przepisami [4, 5, 6] **pod liniami 110 kV wolno budować obiekty budowlane pod warunkiem spełnienia określonych wymagań. Natomiast dla linii 200 kV i 400 kV wolno budować obiekty budowlane tylko w ich sąsiedztwie, w odległości zapewniającej uzyskanie określonych poziomów pola elektromagnetycznego.**

Wymagania przepisów

W ostatnich latach podjęto próbę zharmonizowania przepisów w zakresie budowy linii wysokich dla napięć powyżej 1 kV. Ze względu na różnice pomiędzy poszczególnymi krajami Unii Europejskiej, wynikające ze stosowania określonych rozwiązań technicznych, w poszczególnych krajach obowiązują odrębne dokumenty zawierające tzw. zbiór normatywnych warunków krajowych, np. [5]. Natomiast w tekście normy zasadniczej [4] podano ujednolicone dla wszystkich krajów zasady dotyczące projektowania linii napowietrznych, rozwiązań konstrukcyjnych i wykonywania badań. Część krajowa normy [5] dotyczy w szczególności obostrzeń dla odstępów izolacyjnych w typowych sytuacjach budowlanych.

Minimalne odległości obiektów budowlanych od przewodów linii wysokiego napięcia 110 kV podano w tablicy 5.4.5.2/PL.1 [5] – Minimalne odstępy izolacyjne od budynków mieszkalnych i innych. Odległości te uzależniono od minimalnej odległości D_{el} , która wg normy [5] dla 123 kV wynosi 0,85 m. W przypadku linii 110 kV i konstrukcji dachu trudno zapalnego przyjmuje się dla różnych układów obciążen następujące odstępy izolacyjne do przewodów linii [5]:

- co najmniej 3 m dla dachu o nachyleniu większym niż 15° do poziomu,
- co najmniej 5 m dla dachu o nachyleniu mniejszym niż 15° do poziomu,
- co najmniej 3 m dla linii obok budynku – odległość pozioma.

Dla konfiguracji uwzględniającej minimalne odległości podane w normie należy obliczyć rozkład pola magnetycznego i elektrycznego, którego wyniki porównuje się z obowiązującymi przepisami w zakresie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych.

Wartości dopuszczalne pola o częstotliwości 0,5–50 Hz w środowisku ogólnym w miejscach dostępnych dla ludności wynoszą [2]:

- dla pola magnetycznego – 60 A/m,
- dla pola elektrycznego – 10 kV/m, a w obszarach zabudowy mieszkaniowej – 1 kV/m.

Z kolei dla obiektów związanych z zatrudnianiem pracowników zgodnie z rozporządzeniem [3] poziom graniczny pola magnetycznego strefy zagrożenia i pośredniej, czyli wartości pola, przy której pracownik może pracować w ciągu 8-godzinnej zmiany roboczej, wynosi:

- dla pola magnetycznego o częstotliwości 0,5–50 Hz – 200 A/m,
- dla pola elektrycznego o częstotliwości 0,5–50 Hz – 10 kV/m.

W przypadku charakteru mieszkalnego analizowanego budynku przyjmuje się dla miejsc wewnętrznych oraz zewnętrznych, takich jak: obszar do 2 m nad ziemią, tarasy i balkony, jako dopuszczalne następujące wartości [2]:

- dla pola magnetycznego o częstotliwości 0,5–50 Hz – 60 A/m,
- dla pola elektrycznego o częstotliwości 0,5–50 Hz – 1 kV/m.

Podane wartości zakładają 24-godzinny czas przebywania osób

w wymienionych lokalizacjach, natomiast w innych obszarach na zewnątrz budynku, np. w obszarze dachu w przypadku służb technicznych wykonujących doraźne prace remontowe w czasie do 8 godzin zakłada się wyższe wartości pola elektrycznego i magnetycznego stosownie do wymagań [3], czyli odpowiednio 10 kV/m i 200 A/m.

Podobne wartości pola elektrycznego do założonych powyżej podaje norma [6] w pkt 12.3.1, wg której natężenie pola powinno być:

- mniejsze niż 1 kV/m na wysokości 1,8 m od poziomu ziemi na obszarach lokalizacji budynków mieszkalnych i innych (zwłaszcza szpitali, internatów, żłobków, przedszkoli itp.), w odległości 1 m od krawędzi balkonu lub tarasu tych budynków oraz na wysokości 1,8 m od dachów wykorzystywanych jako tarasy i od innych płaszczyzn poziomych przeznaczonych na pobyt ludzi przez czas dłuższy niż 8 godzin na dobę;
- mniejsze od 10 kV/m na wysokości 1,8 m od poziomu ziemi i innych

płaszczyzn poziomych (w tym również dachów i tarasów budynków), przeznaczonych na pobyt ludzi przez czas nieprzekraczający 8 godzin.

Przykładowy obiekt badań pod linią 110 kV

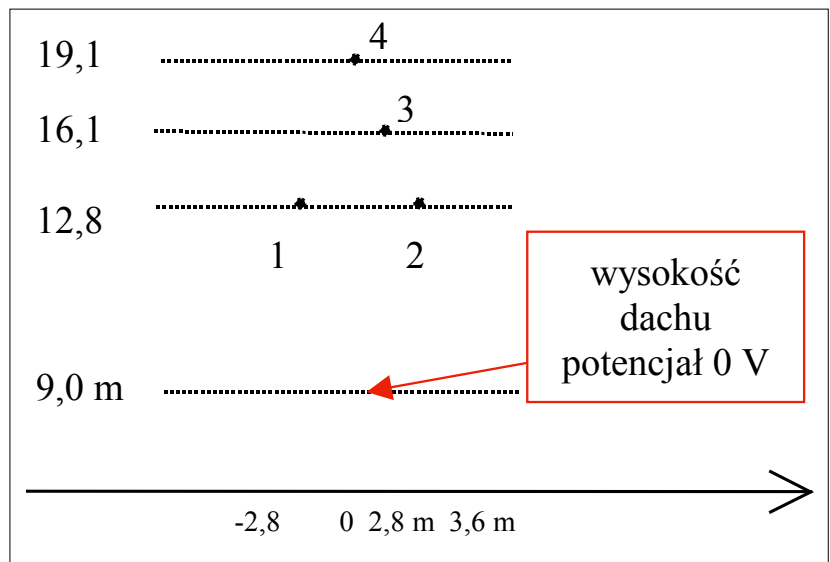
Przeanalizowano rozkład pola elektrycznego wokół planowanego obiektu zlokalizowanego na działce budowlanej w sąsiedztwie linii napowietrznej o napięciu 110 kV. Zaplanowano odległość bliską krytycznej wg normy [5], bo tylko 3,8 m od skrajnych przewodów linii napowietrznej. Planowana inwestycja budowlana będzie przebiegać częściowo bezpośrednio pod linią wysokiego napięcia (rys. 1).

Linia 110 kV przebiegająca nad planowaną inwestycją budowlaną charakteryzuje się następującymi parametrami technicznymi przewodów (dane uzyskane z energetyki zawodowej):

- przewody robocze typ AFL-6 240 mm² na słupach serii SC185;
- przewód odgromowy przekrój 96 mm²;
- słup A (przelotowy) OM13+6, wysokość zawieszenia 21,4 m;

Rys. 1

Rozmieszczenie przewodów w linii (przewody fazowe 1–3, przewód odgromowy – 4), współrzędne odległości i wysokości podano w metrach, 0 oznacza pozycję pod przewodem odgromowym – założono rzeczywistą odległość najniżej zawieszzonego przewodu 12,8 m od ziemi. Na wysokości 9 m założono wyniesienie potencjału ziemi 0 V przez elementy konstrukcyjne nowo projektowanego budynku



- słup B (odporowo-narozny) – SC185 PM+6, wysokość zawieszenia 21,3 m.

Dane przyjęte do obliczeń rozkładu pola elektrycznego i magnetycznego wokół linii:

- napięcie znamionowe linii 110 kV;
- przewody robocze typu AFL-6 240 mm², średnica obliczeniowa przewodu 21,7 mm, przyjęto promień 10,85 mm, wysokość zawieszenia przewodu skrajnego w obrębie planowanej budowy wynosi 12,8 m

(pomiar wykonany w miesiącach letnich przez geodetę – w przypadku braku takich pomiarów należy, znając wysokości zawieszenia przewodów na sąsiednich słupach, wykonać obliczenia zwisu przewodów na podstawie równania linii łańcuchowej, najlepiej w warunkach skrajnych pogodowo, tj. przy temperaturze 60°C);

- odległości między przewodami wg danych dla słupów serii B2 (rys. 1);
- przewód odgromowy – typ niezna-ny – założono OPGW 43/22 mm²

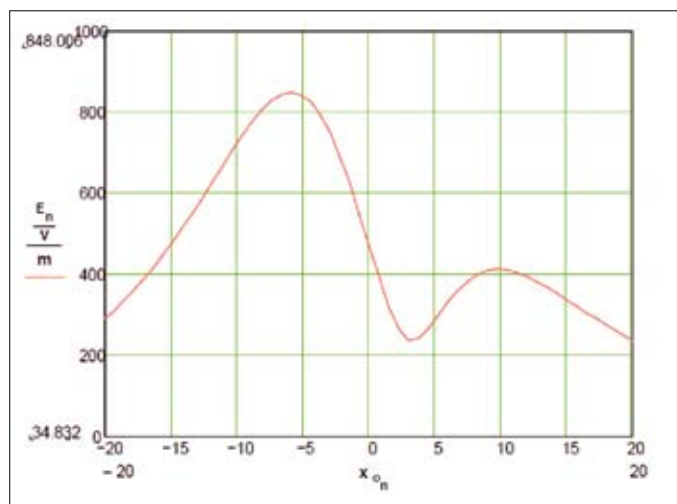
o przekroju 96 mm², średnica obliczeniowa przewodu 12,8 mm, przyjęto promień 6,4 mm;

- wartość prądu – maksymalnie 200 A/fazę – dane obostrzone w stanach przejściowych, uzyskane z energetyki zawodowej, wartości typowe około 100 A/fazę.

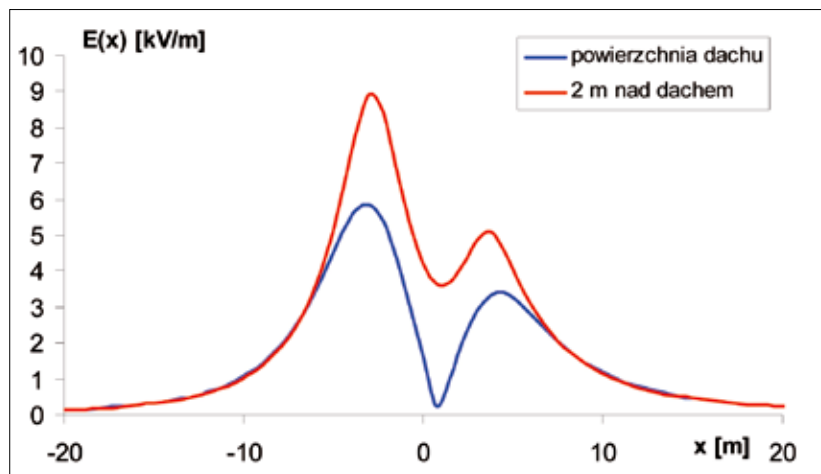
Na rys. 1 pokazano lokalizację projektowanego budynku z zakładanym posadowieniem pod przewodami linii 110 kV. Wysokość zabudowy mieszkalnej z dachem wykonanym z nachyleniem przekraczającym 15° nie przekroczy wysokości 9 m. Odległość skrajnych przewodów od powierzchni dachu wynosi powyżej 3 m zgodnie z [5].

Rozkład pola elektrycznego

Na rys. 1 jest widoczna geometria zawieszenia przewodów i umiejscowienie projektowanego budynku. Dane te wprowadzono do programów obliczających rozkłady natężenia pola elektrycznego metodą ładunków symulowanych oraz metodą elementów skończonych. W celu obostrzenia wyników symulacji przyjęto w przewodzie nr 1 wartość szczytową napięcia fazowego 89 kV. W pozostałych przewodach o numerach 2 i 3 występują wówczas wartości (-44) kV. Przewód odgromowy (poziom 19,1 m) oraz konstrukcja projektowanej rozbudowy budynku ma potencjał ziemi – 0 V. W powyższą konfigurację wrysowano planowany budynek o wysokości 9 m w celu obliczenia natężenia pola na powierzchni jego dachu. Inwestor nie zamierza korzystać z tarasów w górnej części budynku. Na rys. 2 i 3 pokazano poziom natężenia pola elektrycznego na wysokości 2 m i na powierzchni dachu, uzyskując w każdym przypadku wartości mniejsze od dopuszczalnych [2,3] – 1 kV/m (2 m nad ziemią) i 10 kV/m (na dachu). Na wysokości 2 m nad ziemią pole elektryczne ma poziom niższy od 0,85 kV/m.



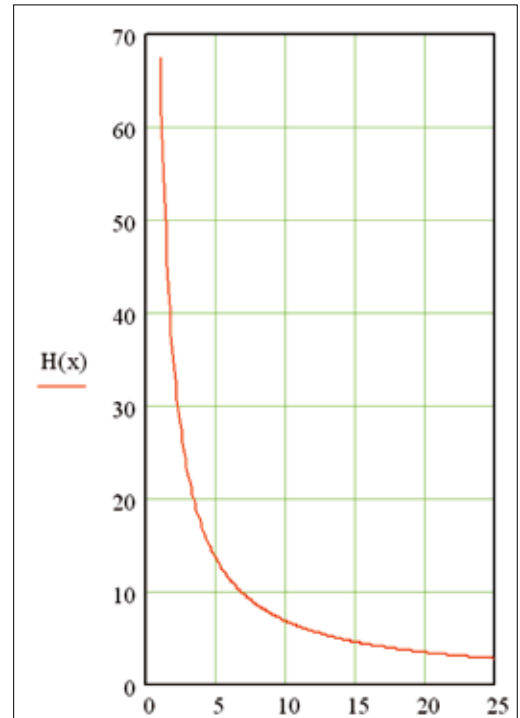
Rys. 2 | Rozkład natężenia pola na wysokości 2 m nad ziemią (wg metody ładunków symulowanych), najniższe przewody 12,8 m nad ziemią



Rys. 3 | Rozkład natężenia pola wg metody ładunków symulowanych na powierzchni dachu 9 m nad ziemią oraz 2 m nad powierzchnią dachu (poziom 11 m nad ziemią)

Najwyższa wartość natężenia pola dostępna dla człowieka stojącego na dachu (ekspozycja głowy – linia czerwona na rys. 3) ma miejsce bezpośrednio pod najniższym przewodem linii 110 kV i wynosi około 9 kV/m. Poruszając się na wysokości 11 m w kierunku osi linii, ze względu na występowanie w drugim skrajnym przewodzie potencjału o przeciwnej biegunowości, pole elektryczne obniża się do 4 kV/m. Wartości te w każdym przypadku nie przekraczają poziomu 10 kV/m wynikającego z rozporządzenia [3] w przypadku wykonywania prac remontowych na dachu w czasie do 8 godzin. Otrzymane wyniki są podobne do wyników otrzymanych za pomocą metody elementów skończonych w programie FEMM w układzie dwuwymiarowym. **Obliczenia wskazują na kumulację pola na kalenicy dachu budynku. Wprowadzenie zaokrąglonych brzegów o promieniu 20 cm powoduje radykalne zmniejszenie lokalnego pola elektrycznego. Należy nadmienić, że w przypadku wysokich drzew znajdujących się wokół projektowanego budynku można uzyskać jego silne ekranowanie w części naziemnej, które również przyczynia się do obniżenia zewnętrznego pola elektrycznego.**

Ze względu na stosunkowo niskie przewodnictwo elektryczne materiałów budowlanych i zastosowanie przewodzącego dachu połączonego galwanicznie z potencjałem ziemi pole wewnątrz budynku będzie silnie stłumione do wartości nieprzekraczających 0,1 kV/m. Po zakończeniu procesu budowlanego wskazane jest skontrolowanie rzeczywistego poziomu pola w części wewnętrznej obiektu za pomocą miernika natężenia pola elektrycznego, szczególnie w przypadku dłuższego niż jedna zmiana robocza przebywania osób na górnej kondygnacji.



Rys. 4

Zależność natężenia pola magnetycznego $[A_{max}/m]$ w funkcji odległości x [m] od powierzchni skrajnego przewodu linii 110 kV

Rozkład pola magnetycznego

Z danych uzyskanych z energetyki zawodowej wynika, że w rozpatrywanych liniach typowe obciążenie pojedynczej fazy wynosi około 100 A. W stanach przejściowych – przy przełączeniach – krótkotrwałe rejestrowano wartości dwukrotnie wyższe. Natężenie pola magnetycznego dla składowej 50 Hz obliczono, zakładając uproszczony wariant polegający na wystąpieniu tego samego prądu w przewodach fazowych o wartości maksymalnej $141 A_{max}$ (100 A wartości skutecznej). W celu obostrzenia wyników obliczeń przyjęto połączone razem trzy przewody w jednym najniższym punkcie nad rozpatrywanym obiektem, co daje układ jednego przewodu z prądem o wartości $423 A_{max}$. Natężenie pola magnetycznego obliczono wg zależności:

$$H = \frac{I}{2\pi x}$$

gdzie: I – prąd w przewodzie [A] – przyjęto $423 A_{max}$ – wartość maksymalna; x – odległość od powierzchni przewodu [m].

Wykres natężenia pola magnetycznego w funkcji odległości od powierzchni przewodu w zakresie do 25 m pokazano na rys. 4.

Poziom natężenia pola na wysokości 3,8 m od dachu (rys. 4) wynosi około $15 A_{max}/m$ (10,6 A/m) i jest to wynik obostrzony. Podana wartość jest znacznie niższa od dopuszczalnych 60 A/m dla 24-godzinnego przebywania [2, 3].

Przyjęcie trójfazowego rozptywu prądu w przewodach i ich przestrzenne rozmieszczenia prowadzi do otrzymania mniejszych wartości natężenia pola magnetycznego.



Wnioski

Analiza rozkładu pola elektrycznego na wysokości 9 m, do jakiej będzie wzniesiony budynek przy najmniejszej odległości przewodu skrajnego od obrysu budynku 3,8 m i założonej wysokości zawieszenia przewodów nad ziemią 12,8 m, wykazała brak przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla środowiska pracy 10 kV/m [3] w części zewnętrznej budynku podczas np. wykonywania prac remontowych. Dodatkowo w otoczeniu budynku, 2 m nad powierzchnią ziemi składowa elektryczna natężenia pola elektromagnetycznego nie przekracza 1 kV/m, co zapewnia zgodność z wymaganiami dla środowiska mieszkalnego. W celu znacznego ograniczenia poziomu pola elektrycznego wewnątrz budynku (do wartości praktycznie zerowej) zaleca się wykonanie ekranowania powierzchni dachu (materiał przewodzący połączony z poten-

cjałem ziemi), a po zakończeniu budowy – kontrolę natężenia pola w miejscach krytycznych – czyli na ostatniej kondygnacji, pozostających w bezpośredniej bliskości przewodów linii 110 kV.

Pola magnetyczne przy założeniu wartości prądu w poszczególnych przewodach na poziomie 100 A będą około 5,7 razy mniejsze w stosunku do wartości dopuszczalnej 60 A/m podanych w [2]. Otrzymana wartość jest obniżona w stosunku do wyników dokładnych i dotyczy ostatniej kondygnacji budynku.

Bibliografia

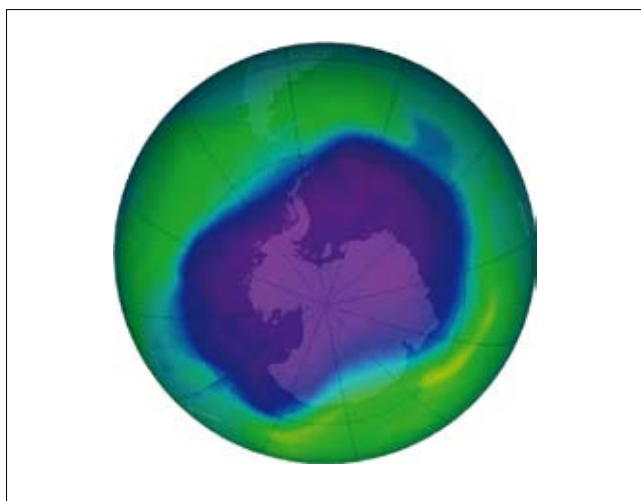
1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. z 1994 r. Nr 89, poz. 414 z późn. zm.).
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz.U. z 2003 r. Nr 192, poz. 1883).
3. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2002 r. Nr 217, poz. 1833).
4. PN-EN 50341-1:2005/A1:2010 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45 kV – Część 1: Wymagania ogólne – Specyfikacje wspólne.
5. PN-EN 50341-3:2002/AC:2009 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45 kV – Część 3: Zbiór normatywnych warunków krajowych.
6. PN-E-05100-1:2000 Elektroenergetyczne linie napowietrzne – Projektowanie i budowa – Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi gołymi. ■

krótko

Zaczyna odbudowywać się warstwa ozonowa

Jak podaje raport ONZ, pierwszy raz w historii zaobserwowano, że zaczyna odbudowywać się warstwa ozonu (ozonosfera), która chroni Ziemię przed szkodliwym dla organizmów żywych promieniowaniem ultrafioletowym (ozon pochłania to promieniowanie). Specjaliści uważają, że ten korzystny efekt jest skutkiem działań na rzecz zakazu używania substancji niszczących warstwę ozonową, w tym znacznego ograniczenia produkcji freonów, używanych dawniej w urządzeniach chłodniczych i klimatyzacyjnych.

Wspólne opracowanie Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO) i Programu Środowiskowego ONZ (UNEP) wskazuje, że zostało zahamowane również coroczne powiększanie się dziury ozonowej nad Antarktydą, ale upłynie jeszcze co najmniej 10 lat, zanim zacznie się ona zmniejszać.



Dziura ozonowa nad Antarktydą (2006 r.); fot. NASA

Źródło: tvp.info