

## LOKALIZACJA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH W SĄSIEDZTWIE LINII 110 kV

Marek OLESZ<sup>1</sup>

1. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
tel: 583471820 fax: 583472136

e-mail: m.olesz@ely.pg.gda.pl

**Streszczenie:** W artykule omówiono wymagania przepisów w zakresie dopuszczalnych wartości pola elektrycznego i magnetycznego niskiej częstotliwości. Przedstawiono wyniki obliczeń rozkładu pola elektrycznego metodą ładunków stymulowanych i w programie FEMM dla przykładowej lokalizacji obiektu przemysłowego w sąsiedztwie linii 110 kV.

**Słowa kluczowe:** napowietrzne linie wysokich napięć, dopuszczalne poziomy pola elektrycznego i magnetycznego

### 1. WSTĘP

W związku z projektowaniem obiektów budowlanych należy zgodnie z Prawem Budowlanym [1] analizować wpływ planowanej konstrukcji na środowisko naturalne. Obiekt nie powinien stwarzać zagrożeń dla otoczenia – dotyczy to między innymi emisji szkodliwych pól elektromagnetycznych, hałasu, emisji spalin, drgań, itd. Równocześnie obiekty wznoszone w otoczeniu infrastruktury emitującej pole elektromagnetyczne powinny być analizowane w zakresie szkodliwości oddziaływania wymienionych czynników. Aspekt ten przykładowo dotyczy linii wysokich napięć i anten z nadajnikami telefonii komórkowej, co wiąże się z podanymi w rozporządzeniach [2, 3] dopuszczalnymi poziomami pola elektromagnetycznego.

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.

### 2. WYMAGANIA PRZEPISÓW

Ostatnimi laty podjęto próbę zharmonizowania przepisów w zakresie budowy linii wysokich napięć powyżej 1 kV. Ze względu na różnice pomiędzy poszczególnymi krajami Unii Europejskiej (UE) wynikające ze stosowania określonych rozwiązań technicznych, w poszczególnych krajach obowiązują indywidualne 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 [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 odstępów izolacyjne od budynków mieszkalnych i innych. Odległości te są uzależnione od minimalnej odległości  $D_{ei}$ , która wg normy [5] dla 123 kV wynosi 0,85 m. W przypadku linii 110 kV i konstrukcji dachu trudnozapalnego przyjmuje się dla różnych układów obciążeń następujące odstępów izolacyjne do przewodów linii [5]:

- ponad 3 m dla dachu o nachyleniu większym niż 15° do poziomu,
- ponad 5 m dla dachu o nachyleniu mniejszym niż 15° do poziomu,
- ponad 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.

Wg rozporządzenia [2] wartości dopuszczalne pola o częstotliwości 0,5÷50 Hz w środowisku ogólnym w miejscach dostępnych dla ludności wynoszą :

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

Natomiast zgodnie z wprowadzonym w 2002 roku 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 biurowego i warsztatowego projektowanego budynku, przyjmuje się przy założeniu pracy 8 h dla miejsc wewnętrznych oraz zewnętrznych takich jak tarasy i balkony jako dopuszczalne następujące wartości [2, 3]:

- dla pola magnetycznego o częstotliwości 0,5÷50 Hz – 60 A/m,
- dla pola elektrycznego o częstotliwości 0,5÷50 Hz – 10 kV/m.

Podane wartości zakładają maksymalnie 8 godzinny czas przebywania pracowników w miejscu pracy – wewnątrz budynku i na zewnątrz, np. w przypadku służb technicznych

wykonujących doraźne prace remontowe np. na dachu budynku.

Podobne wartości pola elektrycznego podaje norma [6] w p. 12.3.1 wg której powinno ono wynosić:

- poniżej 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 h na dobę,
- poniżej 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 nie przekraczający 8 godzin.

### 3. OBIEKT BADAŃ

W referacie przeanalizowano rozkład pola elektrycznego wokół planowanego obiektu zlokalizowanego na działce budowlanej w sąsiedztwie dwutorowej linii napowietrznej o napięciu 110 kV. Słupy linii WN są usytuowane poza obszarem planowanej inwestycji budowlanej, która będzie przebiegać częściowo pod linią WN (rys. 1).

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

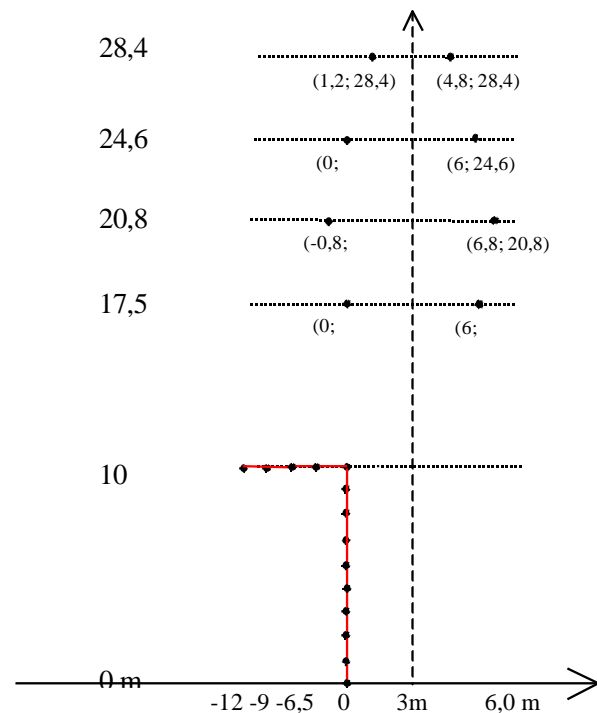
- Przewody robocze typ 2 x 3 AFL 6 – 240 mm<sup>2</sup> na słupach serii OS24
- Przewód odgromowy brak danych
- Długość pręśła 165,5 m
- Naprężenia mechaniczne 63,74 MPa
- Stopień obostrzenia 3
- Słup A (przelotowy) – seria OS24, typ P + 15 wysokość zawieszenia przewodów 31 m
- Słup B (odporowo – narożny) – seria OS24, typ ON 150 + 5 wysokość zawieszenia przewodów 17 m

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

- napięcie znamionowe linii 110 kV,
- przewody robocze typu AFL-6 240 mm<sup>2</sup>, średnica obliczeniowa przewodu 21,7 mm, przyjęto promień 10,85 mm, wysokość zawieszenia przewodu skrajnego w obrębie planowanej budowy wynosi 17,5 m w odległości 45 m od strony słupa B (w kierunku słupa A) oraz 22,9 m w odległości 50 m od strony słupa A (w kierunku słupa B) – dane te obliczono z równania linii łańcuchowej wprowadzając wysokość zawieszenia oraz naprężenia mechaniczne,
- wysokości zawieszenia na skraju planowanej inwestycji obliczono w warunkach skrajnych pogodowo, tj. przy temperaturze 60°C,
- odległości między przewodami wg danych dla słupów serii OS24 (rys. 1),
- przewód odgromowy – typ nieznan – założono OPGW 43/22mm<sup>2</sup> o przekroju 96 mm<sup>2</sup>, średnica obliczeniowa przewodu 12,8 mm, przyjęto promień 6,4 mm,
- wartość prądu – maksymalnie 100 A/fazę – dane obostrzone w stanach przejściowych, uzyskane

z energetyki zawodowej, wartości typowe około 40 – 60 A/fazę.

Na rysunku 1 pokazano lokalizację projektowanego budynku umieszczonego w odległości około 45 – 115 m od niższego słupa o nr 50 (najniższy poziom dolnych przewodów około 17,5 metra). Słup o nr 50 znajduje się w odległości około 165,5 m od słupa nr nr 49, którego przewody zostały umieszczone na wysokości około 31 metrów nad powierzchnią ziemi. Budowa budynku jest projektowana w pobliżu przewodów skrajnych linii 110 kV. Wysokość zabudowy o płaskim dachu nie przekroczy wysokości 10 metrów, a jej przeznaczenie dotyczy pracy biurowej i warsztatowej. Dla obostrzenia wyników obliczeń założono lokalizację skraju budynku bezpośrednio pod skrajnym przewodem linii 110 kV.



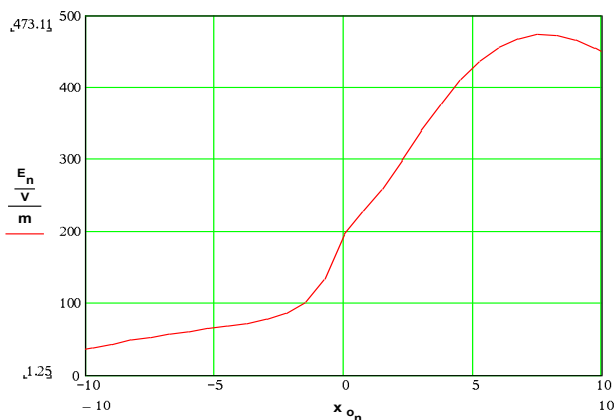
Rys. 1. Rozmieszczenie przewodów w linii (przewody fazowe na poziomie 17,5; 20,8; 24,6 m, przewody odgromowe na poziomie 28,4 m), współrzędne odległości i wysokości podano w metrach, 0 oznacza pozycję pod przewodem skrajnym – założono rzeczywistą odległość najniższej zawieszono przewodu 17,5 m od ziemi.

### 4. ROZKŁAD POLA ELEKTRYCZNEGO

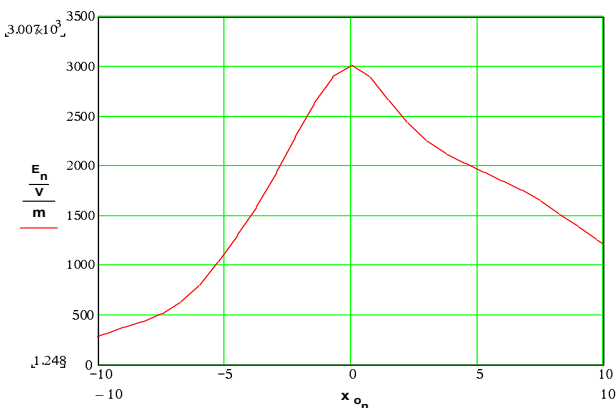
Na rysunku 1 pokazano geometrię zawieszenia przewodów i umiejscowienie projektowanego budynku. Dane te następnie wprowadzono do programów obliczających rozkłady natężenia pola elektrycznego metodą ładunków symulowanych oraz metodą elementów skończonych. Odcięta  $x=0$  na rysunku 1 oznacza punkt pod skrajnym przewodem linii 110 kV najbliższym projektowanemu budynkowi. Wartości dodatnie oznaczają oddalenie się od budynku. W celu obostrzenia wyników symulacji przyjęto w przewodach najniższej położonych (poziom 17,5 m) największą wartość skuteczną napięcia fazowego 89 kV. W pozostałych przewodach (poziom 20,8 i 24,6 m) występują wówczas wartości (-44) kV. Przewód

odgromowy (poziom 28,4 m) oraz konstrukcja projektowanego budynku ma potencjał ziemi, tj. 0 V.

Na rysunkach 2 i 3 pokazano poziom natężenia pola elektrycznego na wysokości 1,8 m i 11,8 m nad ziemią uzyskując w każdym przypadku wartości mniejsze od wartości dopuszczalnej 10 kV/m. Na wysokości 1,8 m nad ziemią pole elektryczne ma poziom niższy od 0,5 kV/m.



Rys. 2. Rozkład natężenia pola na wysokości 1,8 m nad ziemią (według metody ładunków symulowanych), najniższe przewody 17,5 m nad ziemią, wartości pola obowiązują od odciętej 0 m w kierunku wartości dodatnich

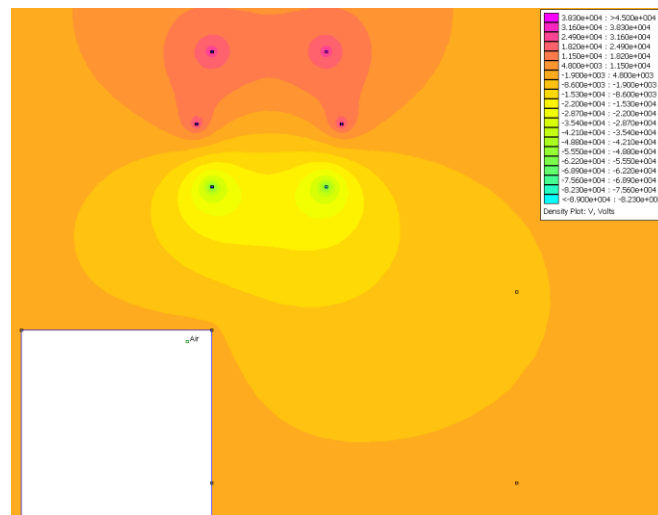


Rys. 3. Rozkład natężenia pola według metody ładunków symulowanych na wysokości 11,8 m nad ziemią, najniższe przewody 17,5 m nad ziemią

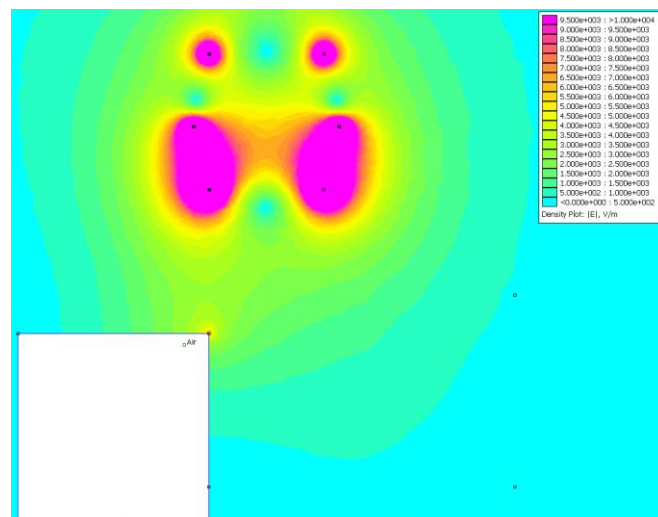
Najwyższa wartość natężenia pola dostępna dla człowieka stojącego na dachu (ekspozycja głowy) ma miejsce bezpośrednio pod najniższym przewodem linii 110 kV i wynosi 3 kV/m. Poruszając się po powierzchni dachu w kierunku od osi linii w odległości 6 m pole osiąga poziom niższy od 1 kV/m. Wartości te w 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. Rysunek 4 pokazuje rozkład potencjału wokół przewodów linii napowietrznej, a rysunek 5 poziomu natężenia pola elektrycznego.

Ze względu na właściwości materiałów budowlanych wewnątrz budynku pole będzie silnie stłumione i w przypadku przewodzącego dachu połączonego galwanicznie z potencjałem ziemi będą to wartości nie przekraczające 0,1 kV/m. Po zakończeniu procesu budowlanego wskazane jest skontrolowanie rzeczywistego poziomu pola za pomocą

miernika natężenia pola elektrycznego, szczególnie w przypadku dłuższego niż jedna zmiana robocza przebywania osób na górnej kondygnacji.



Rys. 4. Linie ekwipotencjalne wokół przewodów linii wysokiego napięcia obliczone w programie FEMM



Rys. 5. Rozkład pola elektrycznego w analizowanym układzie obliczony w programie FEMM

Obliczenia wskazują na kumulację pola na końcach dachu budynku. Wprowadzenie zaokrąglonych brzegów o promieniu 10 cm powoduje radykalne zmniejszenie lokalnego pola elektrycznego.

Wg tablicy 5.4.5.2/PL.1 – Minimalne odstępy izolacyjne od budynków mieszkalnych i innych w normie [5] należy zachować odstęp poziomy od przewodów linii ponad 3 m. W analizowanym przypadku wymaganie to spełniono, gdyż zaprojektowana odległość jest 2,5 razy większa.

## 5. ROZKŁAD POLA MAGNETYCZNEGO

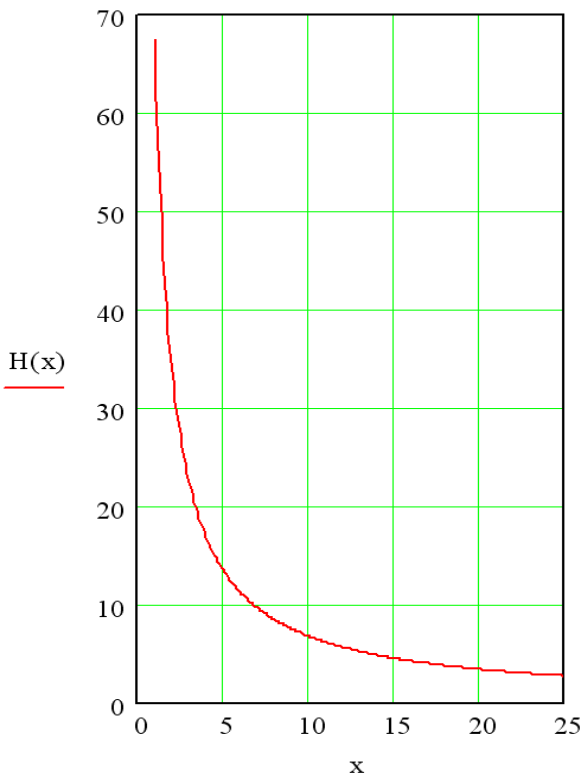
Z danych uzyskanych z energetyki zawodowej wynika, że w rozpatrywanych liniach typowe obciążenie pojedynczej fazy wynosi około 50 A. W stanach przejściowych – przy przełączeniach – krótkotrwale rejestrowano wartości dwukrotnie wyższe. Natężenie pola magnetycznego dla składowej 50 Hz obliczono zakładając uproszczony wariant polegający na wystąpieniu tego samego prądu w przewodach fazowych o wartości maksymalnej 70,5 A (50 A wartości skutecznej). W celu obostrzenia wyników obliczeń przyjęto

połączone razem 6 przewodów w jednym najniższym punkcie nad rozpatrywanym obiektem co daje układ jednego przewodu z prądem o wartości maksymalnej 423 A. Natężenie pola magnetycznego obliczono wg zależności:

$$H = \frac{I}{2\pi x} \quad (1)$$

gdzie  $I$  – prąd w przewodzie w [A] – przyjęto 423 A – wartość maksymalna,  
 $x$  – odległość od powierzchni przewodu w [m]

Wykres natężenia pola magnetycznego w funkcji odległości od powierzchni przewodu w zakresie do 25 m pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Wartość maksymalna natężenia pola magnetycznego w [A/m] w funkcji odległości x [m] od powierzchni skrajnego przewodu linii 110 kV

Poziom maksymalnej wartości natężenia pola na wysokości 1,8 m od powierzchni budynku (odległość 5,7 m od powierzchni przewodu) według rysunku 6 wynosi około 12 A/m (wartość skuteczna wynosi  $H=8,5$  A/m) i jest to wynik obostrzony. Podana wartość jest znacznie niższa od dopuszczalnych 60 A/m dla 24 godzinowego przebywania [2, 3].

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

## 6. WNIOSKI

Analiza rozkładu pola elektrycznego na wysokości 11,8 m i 1,8 m przy najmniejszej odległości przewodu skrajnego od obrysu budynku 7,5 m i założonej wysokości zawieszenia przewodów nad ziemią 17,5 m wykazała brak przekroczenia poziomu dopuszczalnego dla środowiska pracy 10 kV/m [3] w części zewnętrznej budynku. W celu silnego ograniczenia poziomu pola elektrycznego wewnątrz budynku do wartości praktycznie zerowej zaleca się wykonanie ekranowania powierzchni dachu (materiał przewodzący – połączony z potencjałem ziemi), a po zakończeniu budowy kontrolę natężenia pola w miejscach krytycznych – czyli na ostatniej kondygnacji oraz ewentualnych balkonach i tarasach pozostających w bezpośredniej bliskości przewodów linii 110 kV.

Pole magnetyczne przy założeniu wartości prądu w poszczególnych przewodach na poziomie 50 A będzie przynajmniej 7 razy mniejsze w stosunku do wartości dopuszczalnej 60 A/m podanej w [2]. Otrzymana wartość jest obostrzona w stosunku do wyników dokładnych i dotyczy ostatniej kondygnacji budynku.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Prawo budowlane, Dz.U. 1994 Nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami
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 dnia 14 listopada 2003 r., Dz. U. nr 192 poz. 1883),
3. Rozporządzeniu 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. nr 217, poz. 1833 z 2002 r.
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.

## BUILDINGS POSITION CLOSE TO 110 kV LINES

**Key-words:** high voltage air insulated lines, acceptable levels of electrical and magnetic fields

### Abstract:

The article presents requirements of public standards in the contents of acceptable levels of low frequency electric and magnetic field. The results of calculation by the charge stimulated method and by the program FEMM are presented for the object location in the neighborhood of the 110 kV line.