

Laboratorium teorii pola elektromagnetycznego

Modelowanie pola przepływowego na przykładzie uziomu w środowisku obliczeniowym
FEMM

Pole przepływowe (w kontekście elektrycznym – **Current Flow**) to pole wektorowe opisujące rozkład przepływu prądu elektrycznego w ośrodku przewodzącym. **Pole przepływowe prądu** to pole opisane wektorem **gęstości prądu elektrycznego**:

$$\mathbf{J} = \sigma \mathbf{E}$$

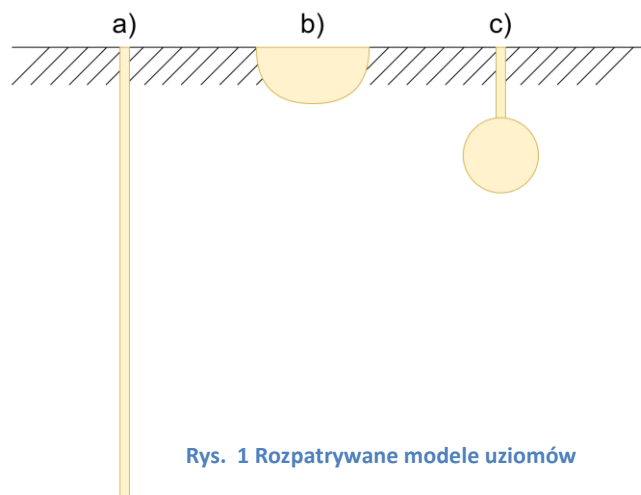
gdzie:

- \mathbf{J} – gęstość prądu [A/m^2]
- σ – przewodność ośrodka [S/m]
- \mathbf{E} – natężenie pola elektrycznego [V/m]

Jednym z zagadnień których analizę przeprowadza się w oparciu pole przepływowe jest badanie uziomu.

Uziom to element instalacji elektrycznej mający bezpośredni kontakt z ziemią (gruntem), służący do **odprowadzania prądu elektrycznego do ziemi** oraz do zapewnienia odpowiedniego poziomu potencjału odniesienia. W ramach ćwiczenia należy przeprowadzić symulację trzech typów uziomów:

- a) Szpilkowy (rurowy)
- b) Półkulisty
- c) Kulisty



Rys. 1 Rozpatrywane modele uziomów

„jak pokazano na rysunku Rys. 1.

Ze względu na symetrię układu zagadnienie należy rozpatrywać w układzie osiowo symetrycznym. Symulację przeprowadzić dla:

1. zadanej wartości gęstości prądu wpływającej do uziomu ($J=3000 - 8000 \text{ A}/\text{m}^2$)
2. wymiarów uziomów
 - a. szpilkowy: $r=10\text{mm}$, $h=3\text{m}$
 - b. półkulisty: $r=50\text{cm}$
 - c. kulisty: $r_{\text{kuli}}=15\text{cm}$, $h=50\text{cm}$, $r_{\text{pręt}}=15\text{mm}$
3. wybranego materiału uziomu (miedź, aluminium, stal, żelazo),
4. wybranego typu gruntu.

W zadaniu należy:

- Przeanalizować wpływ kształtu uziomu na:
 - rozkładu potencjału w gruncie,
 - rozkładu gęstości prądu.
- Wyznaczyć napięcie krokowe w odległości 1 i 2 m od uziomu. Porównać wartości.
- Wyznaczyć strefę bezpieczną (dla napięcia krokowego bezpiecznego $U=100V$ dla odległości $l=0.8$ do 1 m.
- Wyznaczyć rezystancję poszczególnych uziomów.

Parametry materiałowe i gruntów dla różnych warunków zestawiono poniżej.

Przewodniki $\epsilon_r \approx 1$:

- Miedź: **Przewodność σ : $\approx 5.8 \times 10^7$ S/m**
- Aluminium: **Przewodność σ : $\approx 3.5 \times 10^7$ S/m**
- Stal: **Przewodność σ : $\approx 1 \times 10^6 - 6 \times 10^6$ S/m**
- Żelazo: **Przewodność σ : $\approx 1 \times 10^7$ S/m**

Rodzaj gruntu	Stan wilgotności	Przewodność σ [S/m]	Przenikalność ϵ_r
Piasek	suchy	$10^{-6} - 10^{-4}$	2 – 5
	lekko wilgotny	$10^{-4} - 10^{-3}$	5 – 15
	wilgotny	$10^{-3} - 10^{-2}$	10 – 25
	nasycony	$10^{-2} - 10^{-1}$	20 – 30
Glina	sucha	$10^{-5} - 10^{-3}$	5 – 15
	lekko wilgotna	$10^{-3} - 10^{-2}$	10 – 25
	wilgotna	$10^{-2} - 10^{-1}$	15 – 40
	nasycona	0.1 – 0.5	30 – 50
H	suchy	$10^{-4} - 10^{-2}$	10 – 25
	wilgotny	$10^{-2} - 10^{-1}$	20 – 40
	nasycony	0.1 – 1	30 – 60
Torf	suchy	$10^{-4} - 10^{-2}$	10 – 20
	wilgotny	$10^{-2} - 10^{-1}$	20 – 40
	nasycony	0.1 – 1	30 – 70
Grunt organiczny	wilgotny	$10^{-2} - 10^{-1}$	20 – 40
	nasycony	0.1 – 1	30 – 80