DIFUZIUNEA UNDELOR ELECTROMAGNETICE ÎN IZOLATOR

A.S.Kozarov, S.S.Stoyanova
Institutie de educaţie superioară –
College "Telematika" – Stara Zagora,
Republica Bulgaria

ELECTROMAGNETIC WAVES DIFFUSION IN IONIZED INSULATOR

A.S.Kozarov, S.S.Stoyanova
Institution of higher education –
College "Telematika" – Stara Zagora,
Republic of Bulgaria

Rezumat

În această lucrare se discută difuziunea unei unde de tip electromagnetic într-un izolator eterogen cu conductivitate minimă datorată influenţei factorului de ionizare. Este prezentată posibilitatea inducerii undei electromagnetice, în anumite condiţii. Acest fapt coroborează teoria lui Kapitsa referitoare la originea iluminatului ca rezultat al radiaţiei electromagnetice a norului electrificat.

Abstract

In the paper the diffusion of a flat type electromagnetic wave in a heterogeneous insulator with minimum conductivity because of the ionizing factor influence is discussed. A possibility of electromagnetic wave induction, under certain conditions is presented. This corroborates Kapitsa's theory of the globe-lightning origin as a result of the electrified cloud electromagnetic radiation.

Tratarea problemei

Este prezentată difuzia undei electromagnetice într-un izolator cu $\mu = \mu_0 = const$ şi $\varepsilon = \varepsilon_0 = const$, şi cu o conductibilitate minimă γ. Conductibilitatea γ este comensurabilă cu cantitatea $\omega\varepsilon_0$, unde ω este frecvenţa circulară a undei electromagnetice. În acest caz, când variaţia undei electromagnetice este sinusoidală, ecuaţiile lui Maxwell pot fi scrise după cum urmează:

Treatment of the problem

The electromagnetic wave diffusion in an insulator with $\mu = \mu_0 = const$ and $\varepsilon = \varepsilon_0 = const$, and with some minimum conductivity γ is presented. Conductivity γ is commensurable with quantity $\omega\varepsilon_0$, where ω is the circular frequency of the electromagnetic wave. In this case, when the electromagnetic wave variation is sinusoidal, the Maxwell's equations can be written as follows:

$$rot\vec{\dot{E}} = j\omega\mu_0\vec{\dot{H}};\;\; rot\vec{\dot{H}} = (\gamma + j\omega\varepsilon_0)\vec{\dot{E}};\;\; div\vec{\dot{E}} = 0;\;\; div\vec{\dot{H}} = 0,$$

unde

$$\vec{\dot{E}} = \vec{i_x}\,\dot{E}_x + \vec{i_y}\,\dot{E}_y + \vec{i_z}\,\dot{E}_z \quad и$$

$$\vec{\dot{H}} = \vec{i_x}\,\dot{H}_x + \vec{i_y}\,\dot{H}_y + \vec{i_z}\,\dot{H}_z$$

where

$$\vec{\dot{E}} = \vec{i_x}\,\dot{E}_x + \vec{i_y}\,\dot{E}_y + \vec{i_z}\,\dot{E}_z \quad и$$

$$\vec{\dot{H}} = \vec{i_x}\,\dot{H}_x + \vec{i_y}\,\dot{H}_y + \vec{i_z}\,\dot{H}_z$$

Folosind metodele din [L1], se obţine următoarea ecuaţie pentru unda electromagnetică de tip plat care se

Using the methods in [L1], the following equation is obtained for the flat type electromagnetic wave which is răspândeşte pe X:

$$E = E_M e^{-\alpha x} \sin \omega (t - \frac{x}{V}).$$

Aici $\beta + j\alpha = \omega \sqrt{\mu_0 (\varepsilon_0 - j\frac{\gamma}{\omega})}$; $V = \frac{\omega}{\beta}$..
Analiza elementară indică α >0.

Următoarea ecuație este scrisă pentru a stabili valoarea β:

$$(\beta + j\alpha)^2 = \mu_0 (\varepsilon_0 - j\frac{\gamma}{\omega})\omega^2 .$$

Când γ < 0,5 $\omega\varepsilon$, cu eroare sub 5%, se poate scrie următoarea ecuație:

$$\beta = \sqrt{\mu_0} .(\varepsilon_0^2 + \frac{\gamma^2}{\omega^2})^{\frac{1}{4}} .\omega \text{ and}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0} (\varepsilon_0^2 + \frac{\gamma^2}{\omega^2})^{\frac{1}{4}}} \qquad (A)$$

Cazul în care conductibilitatea activă a mediului γ nu este constantă şi este o funcție a coordonatelor: $\gamma = \gamma$ (x, y, *and* z) este de interes special. Este dificil să se rezolve ecuațiile diferențiale chiar folosind tehnologia modernă pe computer. O altă abordare bazată pe anumite trăsături fizice din fizica clasică pot fi folosite pentru a obține unele rezultate principale.

Următoarea formulă este prezentată în [L2]:

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \Psi} = \frac{V_1}{V_2}$$

Pentru refractarea undei energiei radiante in general, şi a undelor electromagnetice în special este V_1 şi V□ sunt rate ale difuziei undei în primul şi celui de-al doilea mediu. Unghiurile sunt indicate în Fig. 1:

spreading on the axis X:

$$E = E_M e^{-\alpha x} \sin \omega (t - \frac{x}{V}).$$

Here $\beta + j\alpha = \omega \sqrt{\mu_0 (\varepsilon_0 - j\frac{\gamma}{\omega})}$; $V = \frac{\omega}{\beta}$..
The elementary analysis shows that α >0.

The following equation is written down to determinate value β:

$$(\beta + j\alpha)^2 = \mu_0 (\varepsilon_0 - j\frac{\gamma}{\omega})\omega^2 .$$

When γ < 0,5 $\omega\varepsilon$, with fault under 5%, the following equation can be written:

$$\beta = \sqrt{\mu_0} .(\varepsilon_0^2 + \frac{\gamma^2}{\omega^2})^{\frac{1}{4}} .\omega \text{ and}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0} (\varepsilon_0^2 + \frac{\gamma^2}{\omega^2})^{\frac{1}{4}}} \qquad (A)$$

The case in which the active conductivity of the medium γ is not constant and is a function of the co-ordinates: $\gamma = \gamma$ (x, y, *and* z) is of particular interest. It is difficult to solve the differential equations even using modern computer technology. Another approach based on certain physical subjections from classical physics can be used to get some principle results.

The following formula is presented in [L2]:

$$\frac{\sin \varphi}{\sin \Psi} = \frac{V_1}{V_2}$$

for the refraction of radiating energy wave in general, and the electromagnetic wave in particular is. V_1 and V□ are rates of wave diffusion in the first and in the second medium. The angles are shown in Fig. 1:

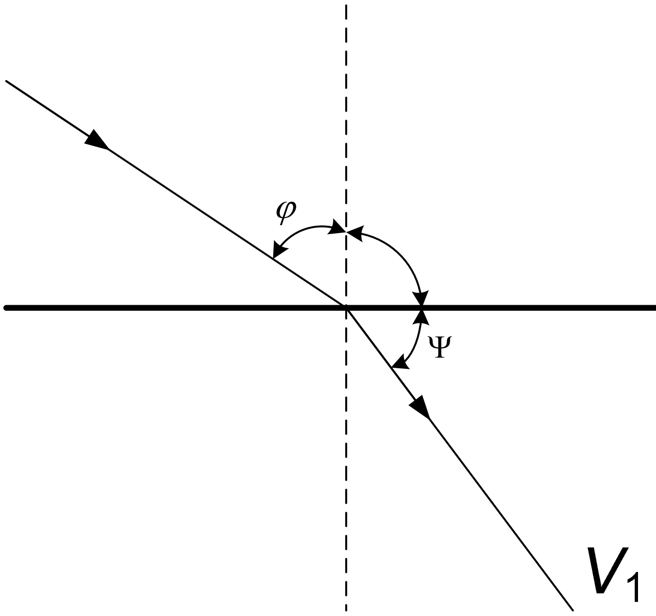

Fig.1

Rezolvarea problemei

Aceste rezultate pot fi aplicate pentru a rezolva problema desemnată după cum urmează. Se acceptă că distribuția conductibilității mediului este plană paralelă, i.e. $\gamma = \gamma(x, y)$, şi $\frac{\partial \gamma}{\partial z} = 0$. Trei linii infinit apropiate sunt prezentate. Aceste linii sunt obținute prin rezolvarea următoarelor ecuații:

$\gamma(x, y) = \gamma - d\gamma$, $\gamma(x, y) = \gamma$ и $\gamma(x, y) = \gamma + d\gamma$ (Fig.2).

Solving the assigned problem

These results can be applied to solve the assigned problem as follows. It is accepted that the distribution of the medium conductivity is flat-parallel, i.e. $\gamma = \gamma(x, y)$, and $\frac{\partial \gamma}{\partial z} = 0$. Three infinitely close lines are presented. These lines are obtained by solving the following equations:

$\gamma(x, y) = \gamma - d\gamma$, $\gamma(x, y) = \gamma$ и $\gamma(x, y) = \gamma + d\gamma$ (Fig.2).

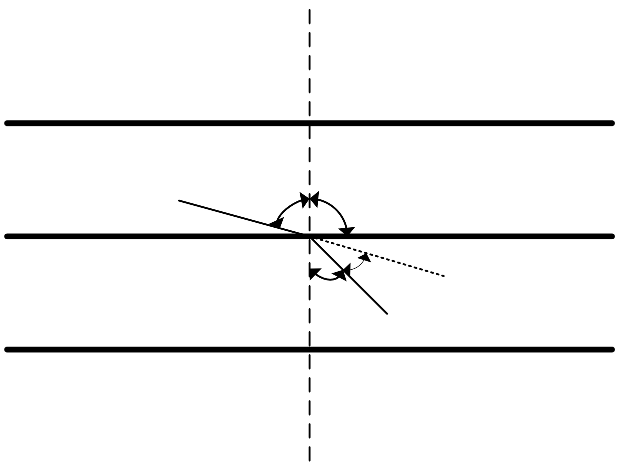

Fig.2

Trecerea de la mediul I la mediul II poate fi indicată după cum urmează:

$$\frac{\sin\varphi}{\sin(\varphi - d\varphi)} = \frac{V_1}{V_1 + dV} \quad (B)$$

Este uşor să se estimeze că direcţiile indicate în figură sunt valabile când viteza *V* scade cu avansul undei. Aceasta presupune că valoarea funcţiei *γ* creşte (conform formulei C). Ecuaţia următoare este din formula (*B*):

$$d\gamma = -\frac{tg\varphi}{V}dV \quad (C)$$

Un caz concret va fi prezentat pentru a obţine câteva explicaţii fizice importante. Zona de conductibilitate inconstantă γ este un cilindru circular infinit drept cu raza *R* şi cu axa care coincide cu axa *z* (Fig.3). Lăsarea unei unde electromagnetice în interiorul zonei cu un unghi de 45□ ajunge la punctul A al suprafeţei cilindrice. Se acceptă că distribuţia funcţiei *γ* este simetrică spre axa *z*. Dacă sunt introduse coordonatele tridimensionale cilindrice, înseamnă că:

$$\frac{\partial\gamma(\rho,\theta,z)}{\partial\theta} = 0 \text{ и } \frac{\partial\gamma(\rho,\theta,\gamma)}{\partial z} = 0,$$ т.е. $\gamma = \gamma(\rho)$.

Este evident că liniile cu valoare constantă a *γ* sunt circumferinţele cu centrul punctului *O* şi cu diferite raze.

Se dă următoarea problemă. Definiţi funcţia $\gamma = \gamma(\rho)$ în cazul în care unda electromagnetică traversează toate liniile $\gamma(\rho) = const$ la un unghi de 45□? (Fig.4).

The transition from medium I to medium II can be shown as follows:

$$\frac{\sin\varphi}{\sin(\varphi - d\varphi)} = \frac{V_1}{V_1 + dV} \quad (B)$$

It is easy to estimate that the directions shown in the figure are valid when the speed *V* decreases with the advance of the wave. It supposes that the value of the function *γ* increases (according to formula C). The following equation is from formula (*B*):

$$d\gamma = -\frac{tg\varphi}{V}dV \quad (C)$$

A concrete case will be presented to get some important physical explanations. The area of inconstant conductivity γ is a right infinite circular cylinder with radius *R* and with axis that coincides with the axis *z* (Fig.3). Let an electromagnetic wave directed to the interior of the area at an angle of 45□ gets to point A of the cylinder surface. It is accepted that the distribution of the function *γ* is symmetric towards axis *z*. If cylindrical three-dimensional co-ordinates are introduced, it means that:

$$\frac{\partial\gamma(\rho,\theta,z)}{\partial\theta} = 0 \text{ и } \frac{\partial\gamma(\rho,\theta,\gamma)}{\partial z} = 0,$$ т.е. $\gamma = \gamma(\rho)$.

It is obvious that the lines with constant value of *γ* are circumferences with center of point *O* and with different radii.

The following problem is assigned. Define function $\gamma = \gamma(\rho)$ in case that the electromagnetic wave crosses all lines $\gamma(\rho) = const$ at an angle of 45□? (Fig.4).

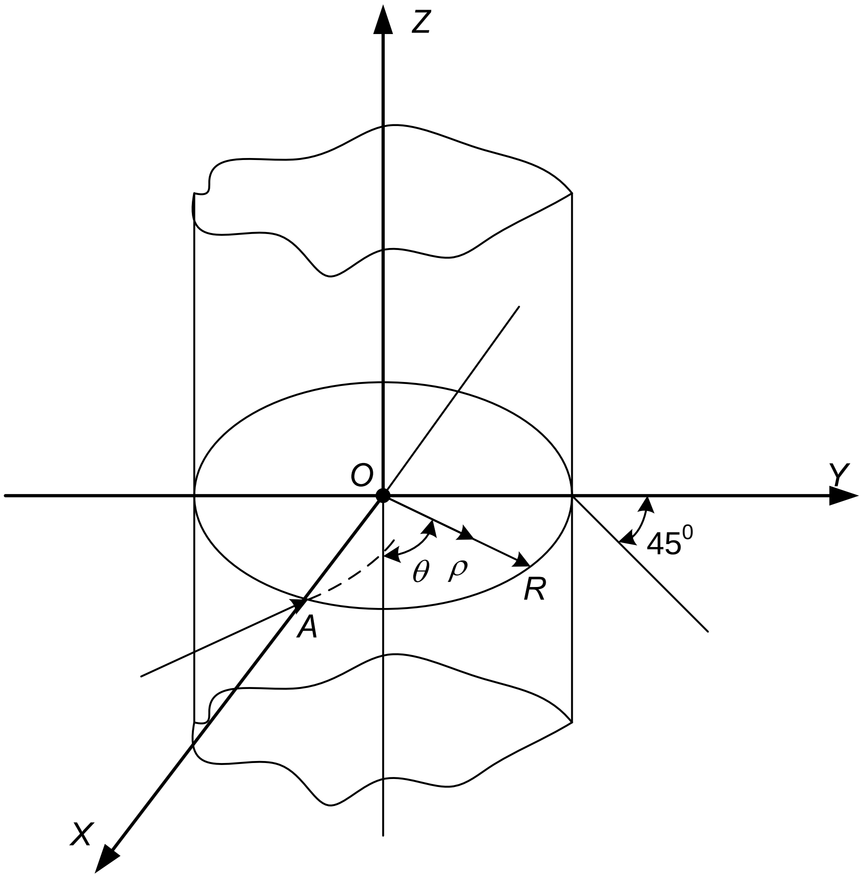

Fig.3

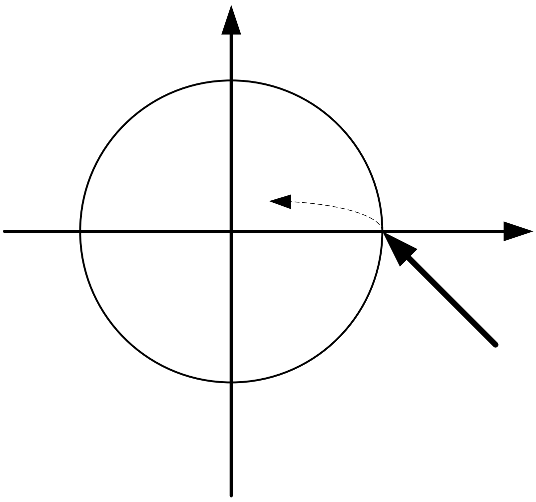

Fig.4

Pentru rezolvarea acestei probleme trebuie determinată mai întâi ecuaţia analitică a traiectoriei descrise. Se poate observa fig. 5

For solving this problem first the analytic equation of the described trajectory has to be determinated. It can be seen in fig. 5

că într-o coordonată polară, curba trebuie să îndeplinească condiția:

$$-d\rho = \rho \, d\theta.$$

Din cele de mai sus rezultă:

$$\frac{d\rho}{\rho} = -d\theta \text{ unde initial } \rho(0) = R.$$

Aşadar: $\rho = \mathrm{Re}^{-\theta}$.

Funcția $\gamma = \gamma(\rho)$ se bazează pe următoarele. Funcția $\rho(\theta)$ poate traversa orice rază-vector la un unghi de 45□ (în acest caz) dacă $+d\gamma = d\theta$. Formulele (A) şi (C) sunt de asemenea luate în considerare. Se obține următoarea ecuație:

$$\gamma^2 = \omega^2 \varepsilon_0^2 (\frac{R^4}{\rho^4} - 1) \quad \text{unde } 0 < \rho \le R.$$

Condiția $\gamma(R) = 0$ este de asemenea luată în considerare.

that in a polar co-ordinates the curve has to satisfy the condition:

$$-d\rho = \rho \, d\theta.$$

From the above follows:

$$\frac{d\rho}{\rho} = -d\theta \text{ where initially } \rho(0) = R.$$

Therefore: $\rho = \mathrm{Re}^{-\theta}$.

Function $\gamma = \gamma(\rho)$ is based on the following. Function $\rho(\theta)$ can cross each radius-vector at the angle of 45□ (in this case) if $+d\gamma = d\theta$. Formulas (A) and (C) are also considered. The following equation is obtained:

$$\gamma^2 = \omega^2 \varepsilon_0^2 (\frac{R^4}{\rho^4} - 1) \quad \text{when } 0 < \rho \le R.$$

Condition $\gamma(R) = 0$ is also taken into account.

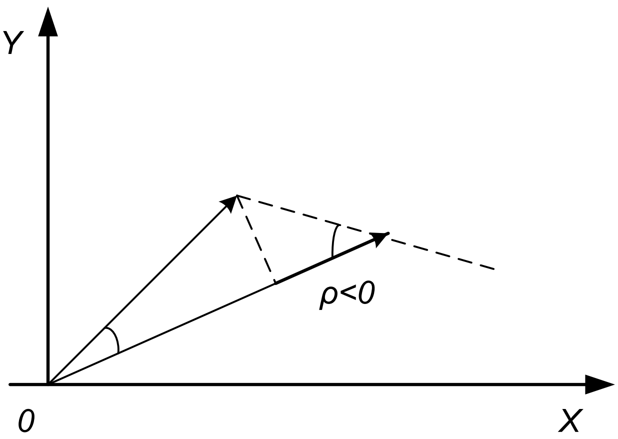

Fig.5

Analiza indică faptul că partea principală a energiei undei electromagnetice, din zona descrisă da raza R, se transformă în căldură şi numai o mică parte (aproximativ 10%) este difractată în spațiul înconjurător ca undă reflectată.

Aceste rezultate cantitative sunt obținute analitic, datorită unui caz particular.

The analysis shows that the main part of the electromagnet wave energy, retting into the area described by radius R, transforms into heat and only a small part (about 10%) is diffracted into the surrounding space as a reflected wave.

These quantitative results are analytically obtained, because of a selected

Ele pot fi generalizate calitativ după cum urmează. Când o undă electromagnetică pătrunde într-o zonă limitată a izolatorului real, unde conductibilitatea activă creşte uşor de la periferie spre centru, partea principală a energiei undei se concentrează din cauza refractării în volum limitat cu cea mai mare conductibilitate şi se transformă în căldură. Acest tip de zonă poate fi un rezultat al acțiunii de ionizare al unei sarcini statice libere sau în unele părți ale unei iluminări liniare întrerupte.

După cum se ştie [L3], conform teoriei lui Kapitsa energia realizează iluminarea globului continuu în timpul existenței radiației electromagnetice generate de norii electrificați. Mărimea energiei alimentate rămâne problema principală în această teorie. Pentru iluminarea reală a globului se evaluează cel puțin câteva sute de wati. Cercetarea propusă prezintă posibilitatea de a concentra energia radiației electromagnetice într-un volum de sute de ori mai compact în toate direcțiile posibile şi într-o gamă mare de frecvențe.

particular case. They can be qualitatively generalized as follows. When an electromagnetic wave gets into a limited area of a real insulator, where the active conductivity lightly increases from the periphery to the center, the main part of the wave energy concentrates because of the refraction in limited volume with the biggest conductivity and turns into heat. That kind of area can spring up as a result of the ionizing action of a free static charge or in some parts of a just interrupted linear lightning.

As it is well-known [L3], according to Kapitsa's theory the energy draws up to the globe-lightning continuously during the existence of the electromagnetic radiation generated by the electrified clouds. The size of the fed power remains the main problem in this theory. For the real globe-lightning it is evaluated at least some hundreds of watts. The proposed research presents the possibility of concentrating the electromagnetic radiation energy in a volume thousand times more compact in all possible directions and in wide range frequencies.

Concluzie:

Această cercetare indică undele electromagnetice care se răspândesc în izolatorul imperfect cu conductibilitate variabilă unde undele pot fi direcționate către zona cu cea mai mare conductibilitate. Acest lucru coroborează teoria lui Kapitsa a iluminării globului deoarece explică concentrarea de energie electromagnetică în volumul limitat al sferei luminoase.

Conclusion:

This research shows electromagnetic waves spreading in imperfect insulator with variable conductance where waves can be directed to the area with the highest conductance. This corroborates Kapitsa's theory of the globe-lightning because it explains the electromagnetic power concentration in the limited volume of the luminous sphere.

Bibliografie:

1. Kalantarov and Neimun, Împământarea teoretică în electrotehnică, vol. III, Sofia, 1951.
2. Hvolson, Curs de fizică, vol. II, Saint Petersburg, 1904.

References:

4. Kalantarov and Neimun, Theoretically grounding in the electrical engineering, vol. III, Sofia, 1951.
5. Hvolson, Course in physics, vol. II, Saint Petersburg, 1904.

3. Singer, S., Natura iluminatului planetei, p. 198-217, M., 1973.

Prof. DrSc Andrey Stefanov Kozarov
Tel. +359 2 8561312

d-r inj. Snejana Stefanova Stoyanova
E-mail: Stoyanova_8000@yahoo.com
GSM +359 0887 472703

6. Singer, S., Globe-lightning nature, p. 198-217, M., 1973.

Prof. DrSc Andrey Stefanov Kozarov
Tel. +359 2 8561312

d-r inj. Snejana Stefanova Stoyanova
E-mail: Stoyanova_8000@yahoo.com
GSM +359 0887 472703