ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски”, Том 53, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2010
ANNUAL of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Vol. 53, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2010

НЯКОИ РЕЗУЛТАТИ, ПОДКРЕПЯЩИ ТЕОРИЯТА НА КАПИЦА ЗА КЪЛБОВИДНАТА МЪЛНИЯ

Андрей Козаров[1], Снежана Стоянова[2]

[1] Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София
[2] Гитут, БАН, 1113 София

РЕЗЮМЕ: Измежду многото хипотези за произхода на кълбовидната мълния най-достоверна е теорията на Капица. Тя обяснява два безспорно установени факта:
1.Енергийният баланс на светещата сфера може да се обясни само с непрекъснат поток на енергия към нея през цялото й съществуване.
2.Траекторията на мълнията не е обусловена само от въздушното течение и евентуално от гравитацията, което говори за силовата й връзка с някакъв център на механично действие, разположен извън сферата. Наличието на силова връзка означава и енергийна връзка.
Основно възражение към тази теория е недостатъчната мощност, която електромагнитната вълна може да внесе към сфера с радиус от порядъка на 10 ÷ 15 *cm*.
В статията е показано, че при изпълнение на определени условия е възможно да се получи концентриране на електромагнитната вълна от по-голяма повърхност в малкия обем на кълбовидната мълния.

SOME RESULTS WHO SUPPORTING THE THEORY OF KAPITSA FOR THE BALL LIGHTNING

Andrey Kozarov[1], Snejana Stoyanova[2]
[1] University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, 1700 Sofia
[2]GITUT, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 София

ABSTRACT: There are many hypotheses about for origin the Ball Lightning. Most reliable is the theory of Kapitsa. The theory of Kapitsa explains clearly established two facts:
1.The balance energy of the illuminating sphere can be explained only by a continuous flow of energy toward her throughout its existence.
2. The trajectory of the lightning is not determined only by the air flow and possibly by gravity. It speaks of power connection to the lightning with some mechanical action center. The center of the mechanical action lies outside the sphere. Availability of power connection means and energy connection.
Main opposition towards this theory is the power insufficient which the electromagnetic wave may submit to the sphere with a radius of about 10 ÷ 15 cm.
It is presented in the article possibility of getting concentration of electromagnetic wave, from a larger area in the small volume of the Ball Lightning.

Измежду многото хипотези за произхода на кълбовидната мълния най-достоверна е теорията на Капица. Тя обяснява два безспорно установени факта:

1. Енергийният баланс на светещата сфера може да се обясни само с непрекъснат поток на енергия към нея през цялото й съществуване.

2. Траекторията на мълнията не е обусловена само от въздушното течение и евентуално от гравитацията, което говори за силовата й връзка с някакъв център на механично действие, разположен извън сферата. Наличието на силова връзка означава и енергийна връзка.

Основно възражение към тази теория е недостатъчната мощност, която електромагнитната вълна може да внесе към сфера с радиус от порядъка на 10 ÷ 15 *cm*.

В статията е показано, че при изпълнение на определени условия е възможно да се получи концентриране на електромагнитната вълна от по-голяма повърхност в малкия обем на кълбовидната мълния.

Постановка на задачата

Разглежда се разпространението на електромагнитна вълна в диелектрик с $\mu = \mu_0 = const$ и $\varepsilon = \varepsilon_0 = const$, който притежава и някаква минимална проводимост γ, която е съизмерима с величината $\omega\varepsilon_0$, където ω е кръговата честота на електромагнитната вълна. За този случай, при синусоидално изменение на електрическите величини уравненията на Максвел имат следния вид:

$$\mathrm{rot}\dot{\vec{E}} = -j\omega\mu_0\dot{\vec{H}};$$

$$\mathrm{rot}\dot{\vec{H}} = (\gamma + j\omega\varepsilon_0)\dot{\vec{E}};$$

$$\mathrm{div}\dot{\vec{E}} = 0;$$

$$\operatorname{div}\dot{\vec{H}} = 0,$$

където

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

Като се приложи методиката, използвана например в [Л1], се получава следния израз за плоска електромагнитна вълна, която се разпространява по оста *X*:

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

Тук $\beta + j\alpha = \omega\sqrt{\mu_0\left(\varepsilon_0 - j\frac{\gamma}{\omega}\right)}$; $V = \frac{\omega}{\beta}$. Елементарният анализ показва, че **α** >0.

За определяне на величината β се написва:

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

При *γ* < 0,5 *ωε* може с грешка под 5 % да се напише:

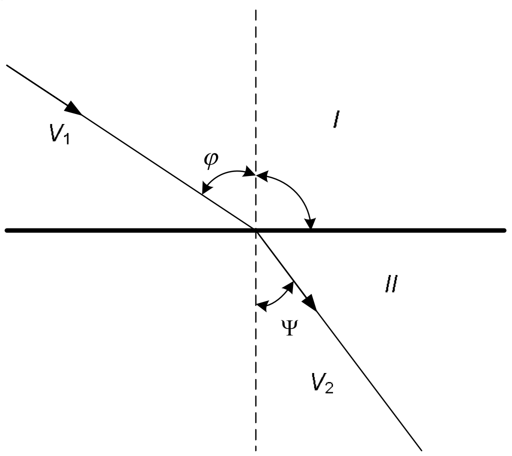
(A) $$\beta = \sqrt{\mu_0}\,.\left(\varepsilon_0^2 + \frac{\gamma^2}{\omega^2}\right)^{\frac{1}{4}}.\omega \quad \text{и} \quad v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0}\left(\varepsilon_0^2 + \frac{\gamma^2}{\omega^2}\right)^{\frac{1}{4}}}$$

Интерес представлява случая, при който активната проводимост *γ* на средата не е постоянна, а е функция на координатите: *γ* = *γ*(*x*, *y*, *z*). Решаването на диференциалните уравнения е трудно, дори и при използване на съвременна изчислителна техника. За получаване на някои принципни резултати може да се използва и друг подход, основан на известни физически зависимости, познати от класическата физика.

В [2] е дадена формулата:

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

за пречупването на вълната на лъчистата енергия изобщо, каквато е и електромагнитната вълна. Тук V_1 и V_2 са скоростите на разпространение на вълната, съответно в първата и във втората среда, а ъглите са показани на фиг.1:



фиг.1

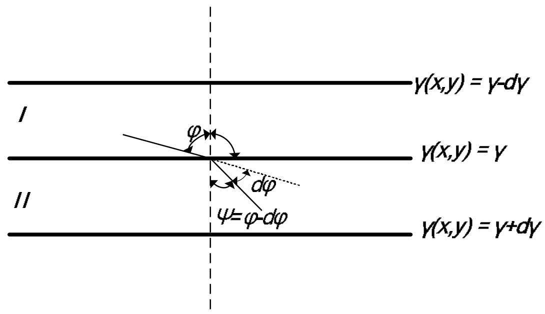
Решаване на поставената задача

Тези резултати може да се приложат при решаването на поставената задача по следния начин. Приема се, че разпределението на проводимостта на средата е плоскопаралелно, т.е. *γ* = *γ*(*x*, *y*), като $\frac{\partial\gamma}{\partial z} = 0$. Разглеждат се три безкрайно близки линии, определени от уравненията:

γ*(*x*, *y*)** = ***γ – *d****γ***, ***γ*** (***x***, ***y***) = ***γ*** ***и*** ***γ*(*x*, *y*)** = ***γ*** + *d****γ*** (фиг.2).

За прехода от среда I към среда II може да се напише:

(*Б*) $$\frac{\sin\varphi}{\sin(\varphi - d\varphi)} = \frac{V_1}{V_1 + dV}$$



фиг.2

Лесно е да се прецени, че показаните посоки на фигурата са в сила, когато с напредването на вълната скоростта *V* намалява, което предполага, че стойността на функцията *γ* нараства (съгласно формула *В*). От формула (*Б*) следва:

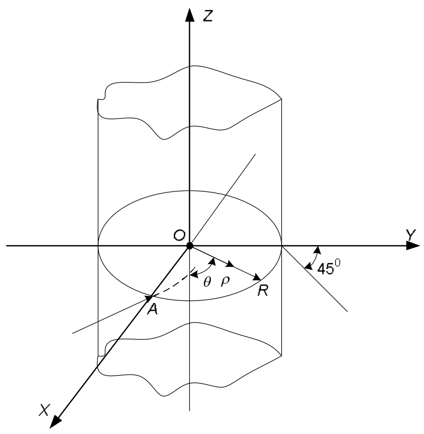
(*В*) $$d\boldsymbol{\gamma} = -\frac{\operatorname{tg}\varphi}{V}dV$$

За да се получат някои значими физически тълкувания, ще бъде разгледан един конкретен случай, при който областта с променлива проводимост *γ* представлява прав безкраен кръгов цилиндър с радиус *R* и ос, съвпадаща с оста *z* (фиг.3). Нека в т. А от повърхността на този цилиндър попада електромагнитна вълна под ъгъл от 45^0, насочена към вътрешността на областта. Приема се още, че разпределението на функцията *γ* е симетрично спрямо оста *z*. Ако се въведе цилиндрична пространствена координатна система, това означава:

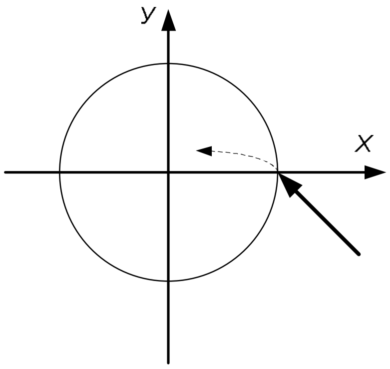
$$\frac{\partial\gamma(\rho,\theta,z)}{\partial\theta} = 0 \quad \text{и} \quad \frac{\partial\gamma(\rho,\theta,\gamma)}{\partial z} = 0,$$ т.е. ***γ* = *γ*(*ρ*)**.

Явно е, че линиите с постоянна стойност на *γ* представляват окръжности с център т. *О* и различни радиуси.

Поставя се следната задача. Каква трябва да бъде функцията *γ* = *γ*(*ρ*), че електромагнитната вълна да пресича всички линии *γ*(*ρ*) = *const* под ъгъл 45^0? (фиг.4).



фиг.3



фиг.4

За решаването на тази задача първо трябва да се определи аналитичният израз на описаната траектория. От фиг.5 се вижда, че в полярни координати тази крива трябва да отговаря на условието:

$$-d\boldsymbol{\rho} = \boldsymbol{\rho}\, d\boldsymbol{\theta}.$$

От тук се получава:

$\frac{d\rho}{\rho} = -d\theta$ при начални условия $\boldsymbol{\rho}(0) = R$.

Следователно: $\rho = \mathrm{R}e^{-\theta}$.

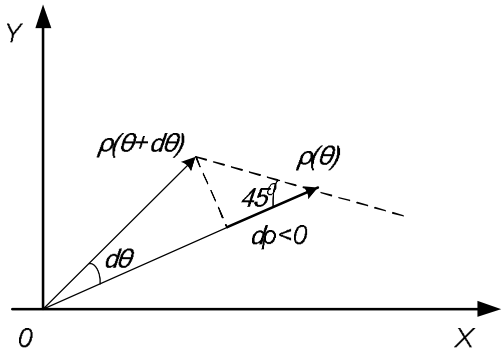
За определяне на функцията $\gamma = \gamma(\rho)$ се взема предвид следното. За да притежава функцията $\rho(\theta)$ свойството да пресича всеки радиус-вектор под един и същи ъгъл (в случая 45^0) трябва да е изпълнено условието: $+d\gamma = d\theta$. Освен това се отчитат формули (А) и (В). Така се написва:

$\gamma^2 = \omega^2 \varepsilon_0^2 (\frac{R^4}{\rho^4} - 1)$ за $0 < \boldsymbol{\rho} \leq R$.

Вижда се, че е отчетено и условието $\boldsymbol{\gamma}(R) = 0$.

Анализът показва, че основната част от енергията на електромагнитната вълна, попадаща в описаната област с радиус *R* се отделя като топлина в нея и само малка част (примерно 10 %) се разсейва в околното пространство под формата на отразена вълна.

Тези количествени резултати са получени аналитично, тъй като е избран подходящ частен случай. Те може да бъдат обобщени качествено по следния начин. Когато електромагнитна вълна попадне в ограничена област от реален диелектрик, в която активната проводимост плавно нараства от периферията към центъра, основната част от енергията на вълната се концентрира поради пречупване в ограничен обем с най-голяма проводимост и се превръща в топлина. Такава област може да възникне поради йонизиращото действие на свободен статичен заряд или в части от канала на току що прекъсната линейна мълния.



фиг.5

Както е известно [3], съгласно теорията на Капица, енергията към кълбовидната мълния постъпва непрекъснато към нея по време на цялото й съществуване от електромагнитното излъчване, създавано от наелектризираните облаци. Основен проблем в тази теория остава големината на подаваната мощност, която за реалните кълбовидни мълнии се оценява най-малко на няколко стотин вата. Чрез проведеното по-горе ориентировъчно изследване се показва възможността енергията на електромагнитното излъчване при всички възможни посоки и при широк диапазон от честоти да се концентрира в хиляди пъти по-малък обем.

Заключение

Показана е възможност за концентриране на енергията на електромагнитните вълни в една малка област, независимо от дължината на вълната. Съгласно [2] концентрацията при стоящите вълни не е възможна при вълни с различни дължини.

Литература

Калантаров и Нейман, Теоретически основи на електротехниката, т. III, София, 1951.

Сингер, С., Природа шаровой молнии, с.198-217, М., 1973.

Хвольсон, курс физики ч. II, с.234, С. Петербург, 1904.

Препоръчана за публикуване от катедра „Електротехника", МЕМФ