



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



Л. Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ
ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Л. Н. ГУМИЛЕВА
GUMILYOV EURASIAN
NATIONAL UNIVERSITY



Студенттер мен жас ғалымдардың
«Ғылым және білім - 2015»
атты X Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
X Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2015»

PROCEEDINGS
of the X International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2015»

УДК 001:37.0
ББК72+74.04
Ғ 96

Ғ96

«Ғылым және білім – 2015» атты студенттер мен жас ғалымдардың X Халық. ғыл. конф. = X Межд. науч. конф. студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2015» = The X International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2015». – Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie-2015/>, 2015. – 7419 стр. қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-9965-31-695-1

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001:37.0
ББК 72+74.04

ISBN 978-9965-31-695-1

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2015

Темирбаева Альбина Сакеновна

alba1991@mail.ru

Магистрант кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»
Физико-технического факультета Евразийского национального университета
имени Л.Н. Гумилева, г. Астана, Республика Казахстан
Научный руководитель - Канымгазиева И.А.

Важной задачей прогнозирования характеристик распространения радиоволн в ионосферных каналах является многообразие физических процессов, протекающих в ионосфере, и, как следствие этого, практически невозможно абсолютно точно предсказать характер изменений параметров сигнала в приемнике. Проблема нахождения оптимальных рабочих частот и установления качественного сеанса остается по-прежнему актуальной, поскольку распространение радиоволн в данной среде существенно зависит от текущих параметров ионосферы [1].

Ионосфера представляет собой ионизированный газ, электродинамические параметры которого определяются движением электронов и ионов в пространстве, движение которых описывается дифференциальными уравнениями. Математическую основу составляют уравнения Максвелла для плазменной среды.

Рассмотрим электродинамические уравнения Максвелла [2]:

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}, \quad \operatorname{rot} \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}, \quad \operatorname{div} \mathbf{D} = \rho, \quad \operatorname{div} \mathbf{B} = 0. \quad (1)$$

где $\mathbf{E}$, $\mathbf{H}$ – векторы напряженности электромагнитного поля, $\mathbf{D}$ – вектор электрической индукции, $\mathbf{B}$ – вектор магнитной индукции, $\mathbf{j}$ – вектор плотности тока.

Тензор диэлектрической проницаемости плазменной среды выражается [3]:

$$\hat{\varepsilon} = \begin{pmatrix} \varepsilon & ig & 0 \\ -ig & \varepsilon & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_z \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где

$$\varepsilon = 1 + \frac{\omega_p^2}{\omega_c^2 - \omega_p^2},$$

$$g = \frac{\omega_p^2 \cdot \omega_c}{\omega(\omega_c^2 - \omega_p^2)},$$

$$\varepsilon_z = 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2},$$

здесь ω_c – циклотронная частота, ω_p – плазменная частота, ω – круговая частота.

В данной работе требуется найти аналитическое решение уравнений Максвелла для плазменной среды при случае проникновения волны в плазму и распространения в ней.

Тензора диэлектрической проницаемости (2) можно использовать при рассмотрении воздействия на плазму электромагнитной волны, закон дисперсии которой определяет уравнение (3) [3, с. 43]:

$$N^2 = \varepsilon. (3)$$

где $N = kc/\omega$ – показатель преломления.

Рассмотрим два случая:

1) в области частот $\omega \ll \omega_p$ диэлектрическая проницаемость отрицательная ($N^2 < 0$), поэтому для электромагнитной волны с такой частотой коэффициент преломления оказывается чисто мнимым, и поперечная волна не может распространяться в плазме.

2) если $\omega \gg \omega_p$ тогда электромагнитные волны могут проникать в плазму и распространяться в ней, так как $N^2 > 0$.

В этом случае (2) примет вид [4] :

$$\hat{\varepsilon} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Фурье-трансформанты волновых функций [5]:

$$\tilde{\Psi}_0 = (k_0^2 - \|k\|^2)^{-1}, \quad \tilde{\Psi}_1^\varepsilon = \frac{1}{k_n^2 - k_x^2 - k_y^2 - k_z^2 \frac{\varepsilon_z}{\varepsilon}}, \quad \tilde{\Psi}_2'' \equiv \left(\frac{\varepsilon_z}{\varepsilon} - 1\right) \Psi_1^\varepsilon \Psi_0. \quad (5)$$

где:

$$\|k\| = \sqrt{k_x^2 + k_y^2 + k_z^2}, \quad k_0^2 = \omega^2 \mu \varepsilon \mu_0 \varepsilon_0, \quad k_n^2 = k_0^2 \varepsilon_z / \varepsilon.$$

Компоненты векторов плотности тока записываются в виде:

$$\tilde{j} = \tilde{j}_\parallel + \tilde{j}_\perp, \quad \tilde{j}_\parallel = (0, 0, \tilde{j}_z), \quad \tilde{j}_\perp = (\tilde{j}_x, \tilde{j}_y, 0).$$

Таким образом мы можем записать выражения для векторов напряженности электромагнитного поля (6) в анизотропной среде:

$$\begin{cases} \tilde{E} = \frac{i}{\varepsilon \varepsilon_0 \omega} (k_0^2 ((k - k_z)(k, \tilde{j}_\perp) \tilde{\Psi}_2'' - (\tilde{j}_\perp \tilde{\Psi}_0)) + k(k, \tilde{j}_\perp) \tilde{\Psi}_1^\varepsilon - k_0^2 (\tilde{j}_\parallel \tilde{\Psi}_1^\varepsilon)), \\ \tilde{H} = -i(k - k_z) k_z [k, \tilde{j}_\perp \tilde{\Psi}_2'']_z + i e_z [(k, \tilde{j}_\perp) (\tilde{\Psi}_1^\varepsilon - \tilde{\Psi}_0)]_z - i [k, \tilde{j}_\perp \tilde{\Psi}_1^\varepsilon]. \end{cases} \quad (6)$$

где $k_z = k_z e_z = (e_z, k) e_z$, e_z – единичный вектор.

При учете обратного преобразования Фурье и использовании свертки, мы можем записать аналитическое решение уравнения Максвелла [5]:

$$U = M^{-1} * J, \quad (7)$$

где $U = \begin{pmatrix} E \\ H \end{pmatrix}$, M^{-1} – обратная матрица, $J = \begin{pmatrix} j \\ 0 \end{pmatrix}$, $*$ – свертка обобщенных функций:

$$(f * g)(x) = \int_{R^3} (g)(x) f(x - y) dy_1 dy_2 dy_3,$$

где

$$y = (y_1, y_2, y_3), \quad x = (x_1, x_2, x_3).$$

Таким образом, с помощью (7) записываем векторы напряженности электромагнитного поля:

$$\mathbf{E} = -\frac{i}{\varepsilon\varepsilon_0\omega}(\nabla(\nabla, \mathbf{j} * \Psi_1^\varepsilon) + k_0^2(\Psi_0 * \mathbf{j}_\perp + \nabla_\perp(\nabla, \mathbf{j}_\perp * \Psi_2'') + \mathbf{j}_\parallel * \Psi_1^\varepsilon)), \quad (8)$$

$$\mathbf{H} \equiv \nabla_\perp \frac{\partial}{\partial z}(\mathbf{e}_z, [\nabla, \mathbf{j} * \Psi_2'']) + \mathbf{e}_z(\mathbf{e}_z, [\nabla, \mathbf{j}_\perp * (\Psi_1^\varepsilon - \Psi_0)]) - [\nabla, (\mathbf{j} * \Psi_1^\varepsilon)], \quad (9)$$

здесь $\nabla_\perp = \nabla - \mathbf{e}_z \frac{\partial}{\partial z}$.

Волновые потенциалы:

$$\Psi_0 \equiv -\frac{1}{4\pi} \frac{\exp(ik_0 r)}{r}, \quad \Psi_1^\varepsilon \equiv -\frac{1}{4\pi} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_z}} \frac{\exp(ik_n^\varepsilon r')}{r'}, \quad \Psi_2'' \equiv (\varepsilon_z / \varepsilon - 1) \Psi_0 * \Psi_1^\varepsilon.$$

Полученные решения (8)-(9) соответствуют с решениями [6], $\mathbf{j}^\mu = 0$.

Таким образом, мы получили решение для векторов напряженности электромагнитного поля для плазменной среды, когда циклотронная частота намного больше плазменной частоты волны. Полученные результаты играют важную роль в исследовании процессов распространения электромагнитных волн в ионосфере, которая влияет на качество радиосвязи и являются актуальной на сегодняшний день.

Список использованных источников

1. Смирнов В.М., Смирнова Е.В., Скобелкин В.Н., Тынянкин С.И. Аппаратно-программный комплекс для оперативного мониторинга ионосферы в интересах обеспечения коротковолновой связи / Радиолокация и радиосвязь: матер. IV Всероссийской конференции. – 2010. – С. 43-47.
2. Фельд Я.Н., Бененсон Л.С. Основы теории антенн. – М.: Дрофа, 2007. – 491 с.
3. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К., Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках. – М.: МИФИ, 2000. – 184 с.
4. Гусейн-Заде Н.Г., Игнатов А.М., Рухадзе А.А. Лекции по электродинамике плазмоподобных сред. – М.: Изд. МГУ, 1999. – 131 с.
5. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. – М.: Наука, 1976. – 528 с.

Alexeyeva L.A., Kanyngazyeva I.A., Sautbekov S.S. Generalized solutions of Maxwell equations for crystals with electric and magnetic anisotropy // Journal of Electromagnetic waves and applications. – 2014. – Vol.28, № 16. – P.1974-1

УДК 621.371

КИРАЛЬДІ ОРТА ҮШІН МАКСВЕЛЛІ ТЕНДЕУІНІҢ ГРИН ФУНКЦИЯСЫН ЕСЕПТЕУ

Төлепбергенқызы Айдана

aidanaenu@mail.ru

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университетінің магистранты, Астана,
Қазақстан

Ғылыми жетекші – С.С.Саутбеков

Әртүрлі табиғи және жасанды біртекті емес орталарда электромагнитті толқындардың сәулеленуі мәселесі, сондай-ақ, мұндай антенналардың сипаттамаларын есептеудің адекватты теориялық үлгісін жасап шығару, әлі күнге дейін радиофизиканың өзекті міндеттерінің бірі ретінде қарастырылады. Электромагниттік толқындардың сәулеленуі