

The electromagnetic field of the loop antenna in an isotropic medium

Kudaibergenova B.K.

bakit91_91@mail.ru

Eurasian national university named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan

Key words: loop antenna, Maxwell's equations

Abstract In this paper the radiation pattern of the antenna loop, and also investigated the direction vectors of the electromagnetic field.

Электромагнитное поле петлевой антенны в изотропной среде

Кудайбергенова Б.К.

bakit91_91@mail.ru

ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, физико-технический факультет г. Астана, Республика Казахстан

Ключевые слова: петлевая антенна, уравнения Максвелла

Аннотация. В данной работе построена диаграмма направленности петлевой антенны в изотропной среде, а также исследованы направление векторов электромагнитного поля.

XIX ғасырдың 60-ы жылдары ағылшын ғалымы Максвелл электр және магнетизмнен тәжірибе жүзінде ашылған заңдылықтарды біріктіре келе, электромагниттік толқынның жалпы теориясын берді. Бұл теорияда электростатиканың негізгі теңдеуі, электр және магнит өрістері үшін Остроградский-Гаусс теоремасы, магнит өрісі үшін толық ток заңы, электромагниттік индукция заңы және тағы басқа заңдар қарастырылған.

Біртекті изотроптық ортада электрлік кернеулік (E) және магниттік кернеулік (H) бір-біріне және толқынның таралу бағытына перпендикуляр болады, яғни электромагниттік толқын колденен толқын болып табылады. Кеңістіктің кез келген нүктесінде E және H толқындарының фазасы бірдей болады. E және H қашықтықтың (R) артуына қарай 1/R шамасына азайып отырады. Өрістердің осылай баяу өшуі — электромагниттік толқын арқылы аса үлкен қашықтықпен байланыс орнатуға жағдай жасайды [1].

Тапсырманың қойылымы

Жалпылама функция әдісін алу үшін, біз алдымен изотропты орта үшін Максвелл теңдеуін қарастыруымыз қажет [2]:

$$\begin{cases} \nabla \times H + i\omega D = j, \\ \nabla \times E - i\omega B = 0, \end{cases} \quad (1)$$

немесе матрицалық түрде:

$$MU=J \quad (2)$$

мұнда $\omega = const$, $D = \varepsilon_0 \varepsilon E$ - электрлік индукция векторы, $B = \mu_0 \mu H$ - магниттік индукция, j - ток тығыздығы, μ - магниттік өтімділік коэффициенті. Изотропты ортадағы электромагниттік өріс кернеулігі:

$$\begin{pmatrix} E \\ H \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (\varepsilon_0 \varepsilon)^{-1} \nabla \rho * \psi_0 - i \mu_0 \mu \omega \psi_0 * j \\ j \times \nabla \psi_0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

мұнда ρ – тоқ тығыздығы, ψ_0 - Грин функциясы немесе изотропты орта үшін Гельмгольц операторы:

$$\psi_0(x, y, z) = -\frac{e^{(ik_0 r(x, y, z))}}{4\pi r(x, y, z)}$$

$$r(x, y, z) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Егер антенна x осі бойында орналасқан деп алсақ, электромагниттік өріс тоқ тығыздығы бойынша анықталады, ол келесі түрде беріледі:

$$j_x(x) = I_x(x)\delta(y)\delta(z) \quad (4)$$

мұндағы δ – Дирактың дельта-функциясы, I_x – тоқ күшінің антенна бойымен таралуы:

$$I_x(x) = \begin{cases} I_0 \frac{\sin k_0(\alpha-z)}{\sin(k_0\alpha)}, \\ I_0 \frac{\sin k_0(b+z)}{\sin(k_0b)} \end{cases} \quad (5)$$

(4) және (5) формулаларды пайдалана отырып, тұзақ тәрізді антенна үшін тоқ тығыздығын аламыз:

$$j_z(z) = I_0 \cdot \frac{\sin(k_0(\alpha-z))}{\sin(k_0\alpha)}$$

$$j_y(y) = I_0 \cdot \frac{\sin(k_0(b-z))}{\sin(k_0b)}$$

мұндағы $a=\lambda$, $b=\lambda/2$, $\lambda=1$ – антенна өлшемдері, k – толқын саны:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (6)$$

Тұзақ тәрізді антенна үшін (3) колдана отырып, электрлік өріс кернеулігін аламыз:

$$\begin{cases} E_x(x, y, z) = \frac{120\pi}{ik} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} (Df_{xz}(A_z, x, y, z) + Df_{xy}(A_y, x, y, z)) \\ E_y(x, y, z) = \frac{120\pi}{ik} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} (Df_{yz}(A_z, x, y, z) + Df_{yy}(A_y, x, y, z) + k^2 A_y(x, y, z)) \\ E_z(x, y, z) = \frac{120\pi}{ik} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} (Df_{zz}(A_z, x, y, z) + k^2 A_z(x, y, z) + Df_{yz}(A_y, x, y, z)) \end{cases}$$

Магниттік өріс кернеулігі:

$$\begin{cases} H_x(x, y, z) = -Df_y(A_z, x, y, z) + Df_z(A_y, x, y, z) \\ H_y(x, y, z) = Df_x(A_z, x, y, z) \\ H_z(x, y, z) = -Df_x(A_y, x, y, z) \end{cases}$$

Электромагниттік энергия ағынының шамасы мен бағытын анықтайтын Пойнтинг векторы:

$$\begin{cases} S_x(x, y, z) = H_z(x, y, z)E_y(x, y, z) - E_z(x, y, z)H_y(x, y, z) \\ S_y(x, y, z) = H_x(x, y, z)E_z(x, y, z) - E_x(x, y, z)H_z(x, y, z) \\ S_z(x, y, z) = H_y(x, y, z)E_x(x, y, z) - E_y(x, y, z)H_x(x, y, z) \end{cases}$$

$$\Pi = \sqrt{|S_x(x, y, z)|^2 + |S_y(x, y, z)|^2 + |S_z(x, y, z)|^2}$$

Декарттық координат жүйесінен сфералыққа ауысу төмендегідей арқылы жүзеге асырылады:

$$X(\theta, \varphi) = r \sin \theta \cos \varphi \quad Y(\theta, \varphi) = r \sin \theta \sin \varphi \quad Z(\theta, \varphi) = r \cos \theta$$

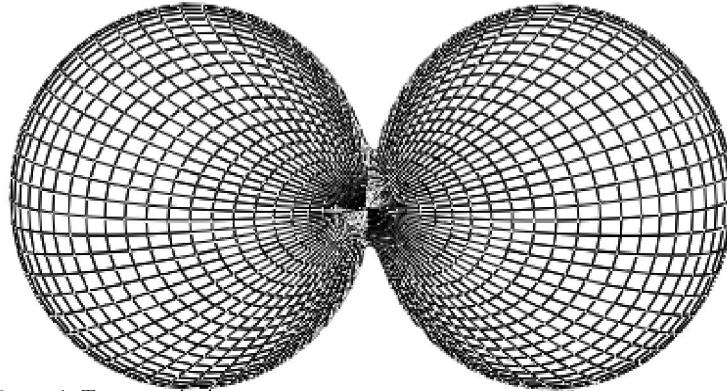
Антеннаның сәулелену бағытын бағытталу диаграммасы мінездейді. Таратқыш (қабылдағыш) антенналардың бағыттау диаграммасы әртүрлі бағыттағы сәулелену интенсивтілігін көрсетеді [3].

Тұзақ тәрізді антеннаның изотропты ортадағы бағыттау диаграммасын есептейміз ($\varepsilon=1$, $\mu=1$):

$$F_1 = \Pi \cdot \sin \theta \cos \varphi$$

$$F_2 = \Pi \cdot \sin \theta \sin \varphi$$

$$F_3 = \Pi \cdot \cos \theta$$



Сурет 1. Тұзақ тәрізді антеннаның изотропты ортадағы бағыттау диаграммасы

Антеннаның даму тарихына көз жүгіртер болсақ, тұзақ тәрізді антеннаның радиотехника саласында өз орны бар [4]. Берілген жұмыста Максвеллдің аналитикалық формуласы арқылы тұзақ тәрізді антенна үшін электромагниттік толқындардың таралу теңдеулерінің шешімі көрсетілген және негізгі сипаттамаларының бірі бағытталу диаграммасы алынған.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Драбкин А. Л., Зузенко В. Л. Антенно-фидерные устройства, 1961.
- [2] S. S. Sautbekov, Radiation of Electric and Magnetic Dipole Antennas in Magnetically Anisotropic Media
- [3] Вайнштейн Л. А. Электромагнитные волны. - М.: Радио и связь, 1988. - 440 с.
- [4] Драбкин А. Л., Коренберг Е. Б. Антенны. - М.: Радио и связь, 1992. - 144 с.

REFERENCES

- [1] Drabkin A. L., Zuzenko V. L. Antenna-feeder devices, 1961.
- [2] S. S. Sautbekov, Radiation of Electric and Magnetic Dipole Antennas in Magnetically Anisotropic Media
- [3] Vajnshtejn L. A. Jelektromagnitnye volny. - M.: Radio i svjaz', 1988. - 440 s.
- [4] Drabkin A. L., Korenberg E. B. Antenny. - M.: Radio i svjaz', 1992. - 144 s.

Тұзақ тәрізді антеннаның изотропты ортадағы электромагниттік өрісі

Құдайбергенова Б.Қ.
bakit91_91@mail.ru

Тірек сөздер: тұзақ тәрізді антенна, тұзақ тәрізді антеннаның S11 параметрі
Аңдатпа. Берілген жұмыста пшнайы мәнге барынша жуық шешімдер алуға мүмкіндік беретін CST STUDIO SUITE 2013 бағдарламасын қолдану арқылы, тікбұрышты тұзақ тәрізді антеннаның нобайы жасалынып зерттелді.

Kudaibergenova B.K.

Undergraduate of radio engineering electronics telecommunications faculty

Поступила 18.03.2015 г.