

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 315 (2017), 66 – 70

I.D. Kozin, I.N. Fedulina

Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty, Kazakhstan
E-mail: IDKozin@yandex.ru, InnaFedulina@yandex.kz

RADIO-WAVE ACTION ON THE RECEIVING ANTENNA

Abstract. It is shown that the field generated by an electric current in a conductor (antenna) contains one electrical E_{\parallel} and two magnetic H_{\parallel} and H_{\perp} components. Response vertically and horizontally oriented antenna on vertical linearly polarised radiated wave was investigated. It is shown also that only influence of H_{\parallel} radio-wave component adequately received in experiment.

Key words: Radio-wave, electric and magnetic components, antenna current.

УДК 621.029

И.Д. Козин, И.Н. Федулина

Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Казахстан

Воздействие радиоволны на приёмную антенну

Аннотация. Показано, что генерируемое электрическим током в проводнике (антенне) поле содержит одну электрическую E_{\parallel} и две магнитные H_{\parallel} и H_{\perp} компоненты. Исследовалась реакция вертикально и горизонтально ориентированной антенны на вертикальную линейно поляризованную излучаемую волну. Показано также, что только воздействие H_{\parallel} составляющей радиоволны адекватно получаемому в эксперименте.

Ключевые слова: радиоволна, электрические и магнитные компоненты, ток антенны.

Радиоволна – это электромагнитные колебания, распространяющиеся со скоростью света c . Она, согласно современным представлениям, состоит из перпендикулярно расположенных, синхронно и синфазно изменяющихся электрической E и магнитной H компонент.

Со времён Г. Герца принято считать штыревую антенну открытым колебательным контуром. Схема такого преобразования приведена на рисунке 1.

На этом же рисунке изображены электрические E_{\parallel} и магнитные H_{\parallel} и H_{\perp} поля, генерируемые при прохождении электрического тока в передающей антенне. В теории электромагнетизма компоненты H_{\perp} и E_{\parallel} названы магнитной индукционной H_{in} и электрической стационарной E_{st} составляющими поля. Они сдвинуты относительно друг друга по фазе на 90° , быстро затухают в пространстве, «привязаны» к антенне и не могут распространяться в пространство. Напряжённость электрического поля E_{st} от расстояния уменьшается пропорционально d^3 , а H_{in} - пропорционально d^2 . Для генерации распространяющей радиоволны с указанными выше характеристиками в теорию электромагнетизма вводится мифический ток смещения - «displacement current» - I_v , образуемый электрическим полем E_{st} . Этот ток порождает новое магнитное поле $H_w = H_{\perp}$, а уж оно генерирует новое электрическое поле $E_w = E_{\parallel}$, совпадающее с ним по фазе. Этот механизм подробно описан авторами в учебном пособии [1].

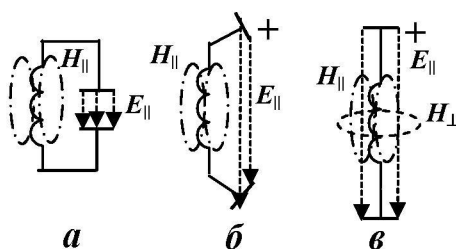


Рисунок 1 – Условная схема преобразования колебательного контура в антенну: а) закрытый колебательный контур, б) раскрытие колебательного контура, в) вертикальная штыревая антенна (монополь)

Следует отметить, что в теории электромагнетизма отсутствуют ток смещения между обкладками конденсатора закрытого контура (рисунок 1а) и магнитная составляющая поля H_{\parallel} в антенне (рисунок 1 в).

Как показывает опыт, продольная составляющая магнитного поля H_{\parallel} обладает теми же свойствами, что и H_{\perp} . Достаточно вспомнить работу электромагнита или на рисунке 2 привести схему из курса лекций Р. Феймана [2].

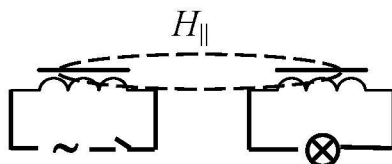


Рисунок 2 - Передача энергии из одного контура в другой

Если в первичной обмотке течёт переменный ток, лампочка во вторичной обмотке светится.

В отличие от устоявшейся интерпретации опыта Фарадея, приведенная схема доказывает передачу энергии от одного контура к другому за счёт продольной составляющей магнитного поля H_{\parallel} .

Итак, радиоволна, излучаемая вертикальным монополем, состоит из одной электрической E_{\parallel} и двух магнитных компонент H_{\perp} и H_{\parallel} .

Рассмотрим воздействие этих компонент радиоволны на приёмную антенну, роль которой будет играть вертикальный монополь, аналогичный излучающей антенне.

Излучаемая радиоволна при этом будет иметь линейно-вертикальную поляризацию. Критерием оценки таких воздействий будет достоверный факт – в вертикально ориентированной приёмной антенне наводится электрический ток, а в горизонтально расположенной антенне ток отсутствует.

Наводимый в антенне ток привёл создателей электромагнитной теории к заключению о создании магнитной компонентой волны электрической компоненты, которая создаёт в антенне электродвижущую силу – ЭДС. Первым эту идею озвучил М. Фарадей [3]. Он считал, что электрическая компонента существует, о её присутствии спорят, и он видел, однако, насколько осязательно выступают в своих действиях эти силы, в то время как самой электрической компоненты он никак не мог обнаружить.

Такого же мнения придерживался и создатель электромагнитной теории Д. Максвелл. В своей работе [4] он утверждал, что эта волна состоит *полностью из магнитных возмущений*, причём направление магнитного вектора находится в плоскости волны. Далее он утверждал, что магнитные возмущения подобны свету и поперечны к направлению распространения, то есть такие волны могут обладать всеми свойствами поляризованного света. Неудивительно, что уравнения этой волны относятся только к магнитной компоненте. Свою теорию Д. Максвелл математически представил в виде приведенной ниже системы 20 общих уравнений электромагнитного поля:

Уравнения Д. Максвелла:

электромагнитного количества движения
 магнитной напряжённости
 электродвижущей силы – ЭДС
 тока, обусловленного (истинной) проводимостью
 электрического тока смещения
 полного тока (включая изменения тока смещения)
 количества свободного электричества
 электрического потенциала

Φ_x, Φ_y, Φ_z
 H_x, H_y, H_z
 Ξ_x, Ξ_y, Ξ_z
 I_x, I_y, I_z
 I_{vx}, I_{vy}, I_{vz}
 $I_{\Sigma x}, I_{\Sigma y}, I_{\Sigma z}$
 Q
 U

В эти уравнения электромагнитного поля входят 20 переменных величин.

Отсутствие процесса генерации электрической компоненты радиоволны магнитной составляющей отмечается во многих современных исследованиях, например, [5, 6].

Воздействие электрической компоненты радиоволны E_{\parallel} на антенну. На рисунке 3 изображено пространственное расположение вертикальных и горизонтальной антенн A и векторов вертикальных электрической E_{\parallel} , магнитной H_{\parallel} и горизонтальной магнитной H_{\perp} компонент радиоволны.

Вектора E_{\parallel} в любой момент времени будут создавать по всей длине приёмной антенны одинаковые потенциалы φ , то есть напряжение, как разность потенциалов между любыми точками антенны $U = \varphi_1 - \varphi_2$, всегда должно быть равно нулю и, следовательно, тока в антенне не возникнет. Но, как было сказано выше, ток в так расположенной антенне наводится.

Если антенну разместить горизонтально в направлении прихода радиоволны, то E_{\parallel} будет вдоль её длины иметь различные по величине значения напряжённости, естественно, наводить различные потенциалы и, соответственно, появится электрический ток. Но в реалии тока в так расположенной антенне не наводится. Из этого можно сделать единственно правильное заключение: электрической компоненты E_{\parallel} в радиоволне нет.

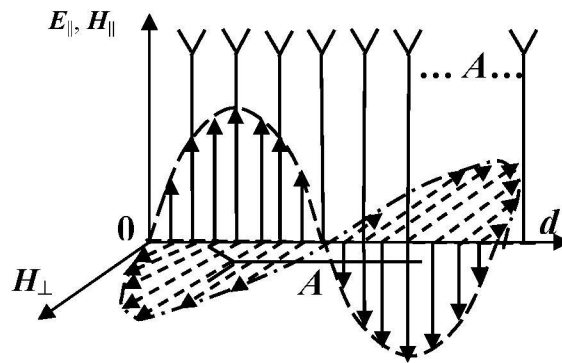


Рисунок 3 – Графики пространственного распределения компонент радиоволны и приёмных антенн

Следовательно, обнаруживаемый в вертикальной антенне ток возникает от других причин. Может ли быть, что электромагнитная волна состоит только из магнитных компонент? Можно ли с их помощью объяснить известные закономерности регистрации поля?

Воздействие магнитных компонент радиоволны на антенну. Рассмотрим реакцию антенного тока на изменения магнитных компонент радиоволны. Движение зарядов (электронов) в магнитном поле описывается законом Лоренца

$$\vec{F} = q[\vec{v}, \vec{H}].$$

Модуль магнитной силы равен $F = q \cdot v \cdot H \cdot \sin \alpha$, где α - угол между векторами v и H . Направлена эта сила перпендикулярно как направлению скорости частицы v , так и направлению магнитного поля H . Движение электронов будет происходить по двум направлениям: вокруг и вдоль

магнитной силовой линии. Движение электрона вдоль линии с нулевым градиентом H будет с постоянной скоростью, а вдоль направления ненулевого положительного градиента равнозамедленным. Такие движения зарядов наблюдаются в радиационных поясах Земли.

Направление движения, скажем электронов в проводнике, будет определяться направлением самого проводника и это обстоятельство окажется существенным при наведении тока радиоволной в приёмной антенне.

Горизонтальная составляющая радиоволны H_{\perp} в нашем случае перпендикулярна направлению антенны, а напряжённость поля одинакова по всей её длине. Как и в случае с электрической компонентой E_{\parallel} , магнитная компонента H_{\perp} не создаст электрического тока вдоль длины антенны. Слабо связанные с ядром металла электроны приобретут лишь дополнительное вращательное движение.

Для горизонтально размещённой антенны ситуация другая. Напряжённость поля горизонтальной магнитной компоненты радиоволны H_{\perp} по длине антенны будет различной, что приведёт к смещению электронов вдоль градиента поля и антенны. Но, как известно из экспериментов, в горизонтально расположенной антенне электрический ток не наводится. Из этого можно сделать вывод, идентичный предыдущему. Магнитная составляющая H_{\perp} в радиоволне отсутствует. Или, магнитная составляющая H_{\perp} радиоволны быстро затухает в пространстве распространения.

Как среагирует вертикально расположенная антенна на H_{\parallel} составляющую магнитной компоненты радиоволны?

Вертикальная магнитная составляющая радиоволны H_{\parallel} параллельна направлению антенны, а напряжённость поля одинакова по всей её длине. Однако такое поле приведёт, согласно уравнению Лоренца, к движению электронов вдоль линии антенны. То есть причиной появления тока в антенне можно считать магнитную компоненту H_{\parallel} радиоволны, приводящую в металле к движению слабо связанных электронов, которое и будет подчиняться законам изменения магнитной компоненты радиоволны.

Обобщая сказанное, отметим:

1. Создаваемое вертикальным монополюсом поле содержит три компоненты: одну электрическую E_{\parallel} и две магнитные H_{\parallel} и H_{\perp} .

2. Величина составляющей H_{\parallel} зависит от магнитных свойств антенны. С увеличением магнитной проницаемости растёт и амплитуда H_{\parallel} .

3. Компоненты E_{\parallel} и H_{\perp} не могут создать наблюдаемый электрический ток в антенне. Такой эффект может создать только магнитная составляющая H_{\parallel} радиоволны.

4. Магнитная составляющая H_{\perp} в радиоволне отсутствует. Или, магнитная составляющая H_{\perp} радиоволны быстро затухает в пространстве распространения быстрее, чем H_{\parallel} составляющая. Магнитные компоненты радиоволны H_{\parallel} и H_{\perp} не создают в нейтральных средах электрической компоненты E_{\parallel} . Этот эффект возможен только в средах, содержащих свободные электроны (ионосфера, радиационные пояса, металлические проводники).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Козин И.Д., Федулina И.Н. Распространение радиоволн: Учебное пособие. – Алматы: АУЭС, 2014. - 78 с.
- [2] Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. т. 6. Электродинамика. –М.: МИР, 1977. – 347 с.
- [3] Козин И.Д., Федулina И.Н. Развитие теории электромагнетизма. История. Проблемы: Учебное пособие. – Алматы: АУЭС, 2015. - 67 с.
- [4] Максвелл Д.К. Динамическая теория поля. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. Пер. с англ. -М.: Гос. изд. технико-теоретической литературы, 1952. - 687 с.
- [5] Авраменко Р.Ф., Грачев Л.П., Николаева В.И. Экспериментальная проверка дифференциальных законов электромагнитного поля. Научно-технический отчёт. -М.: НИИРП, 1976.
- [6] Докторович З.И. Несостоятельность теории электромагнетизма и выход из сложившегося тупика // Сознание и физическая реальность. – 1996. – т. 1. - № 3. - С. 18-27.

REFERENCES

- [1] Kozin I.D., Fedulina I.N. Rasprostranenie radiovoln. Almaty: *AUES*, **2014**. 78 p. (in Russ.).
- [2] Feynman R., Leighton R., Sands M. The Feynman Lectures on Physics. V. 6. Electrodynamics. M.: *MIR*, **1977**. 347 p. (in Russ.).
- [3] Kozin I.D., Fedulina I.N. Razvitie teorii elektromagnetizma. Istorija. Problemy. Almaty: *AUES*, **2015**. 67 p. (in Russ.).
- [4] Maxwell D.K. Dinamicheskaja teorija polja. Izbrannye sochinenija po teorii elektromagnitnogo polja. M.: *Gos. izd. tehniko-teoreticheskoy literatury*, **1952**. 687 p. (in Russ.).
- [5] Avramenko R.F., Grachev L.P., Nikolaeva V.I. Eksperimentalnaja proverka differencialnyh zakonov elektromagnitnogo polja. M.: *NIRP*, **1976**. (in Russ.).
- [6] Doktorovich Z.I. *Soznanie i fizicheskaja realnost*, **1996**, 1 (3), 18-27. (in Russ.).

И.Д. Козин, И.Н. Федулina

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан

РАДИОТОЛҚЫННЫҢ ҚАБЫЛДАҒЫШ АНТЕННАҒА ӘСЕРІ

Аннотация. Өткізгіштегі (анетнадағы) электр тоғымен генерацияланатын өріс бір электрлік $E||$ және екі магниттік $H||$ және $H\perp$ құраушыдан тұратыны көрсетілді. Вертикалды және горизонталды бағытталған антеннаның вертикалды сызықты поляризацияланған шығарылатын толқынға реакциясы зерттелді. Сонымен қатар, радиотолқынның тек қана $H||$ құраушысы ғана тәжірибеде алынатын әсері ғана сай екені көрсетілді.

Тірек сөздер: радиотолқын, электрлік және магниттік компоненталар, антенна тоғы