

Қазақ бас
сәулет-құрылыс
академиясы



ISSN 1680-080X

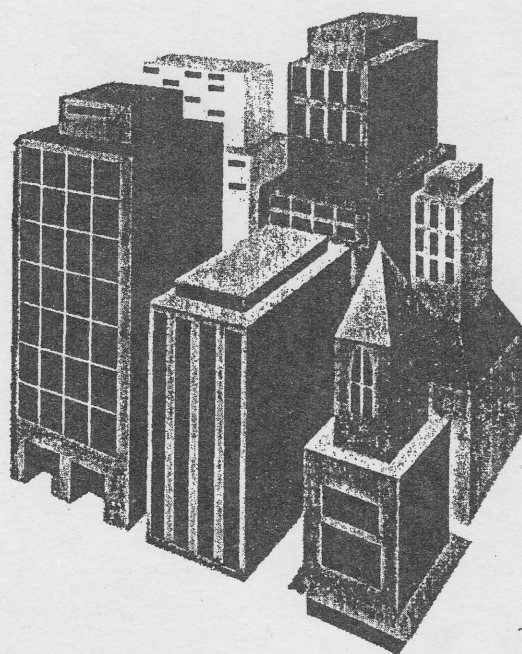
Казахская головная
архитектурно-строительная
академия

ХАБАРШЫ

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



1(47)

АЛМАТЫ - 2013

УДК 621.372.8:621.385.6

Риттер Д.В., к.т.н., доцент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации»,
Латыпов С.И., магистрант, Забирова А.А., студент, Северо-Казахстанский
государственный университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск

СТРУКТУРА ПОЛЯ И ПАРАМЕТРЫ ВОЛНЫ В ОДНОПРОВОДНОЙ ЛИНИИ ГУБО

В статье рассматривается однопроводная линия передачи в виде проводника, покрытого тонким слоем диэлектрика, известная также как линия Губо, представляющая собой открытый волновод поверхностных волн.

Рассматриваются особенности процесса взаимодействия объекта с полем волновода. Подробно излагаются режимы минимального переизлучения энергии и максимального поглощения энергии.

Мақалада бейөткізгіштің жұқа қабатымен қапталған бір сымды сызық жылыжуы қарастырылады, ол Губо сызығы ретінде де танымал, сыртқы толқындардың ашық толқын арнасы болып табылады.

Нысанның толқын арнасымен өзара әрекеттесу үрдісінің ерекшеліктері қарастырылады. Энергияның минималды артық сәулеленуінің және максималды сіңіруінің тәртібі жан-жақты баяндалады.

Линия передачи электромагнитной энергии в виде поверхностной волны представляет собой одиночный неизолированный или изолированный проводник, по которому распространяется волна Е-типа [2, 4]. Предметом нашего рассмотрения является однопроводная линия передачи в виде проводника, покрытого тонким слоем диэлектрика, известная так же, как линия Губо [4]. Другими словами, такая линия представляет собой открытый волновод поверхностных волн. На рисунке 1 показана структура поля поверхностной волны E_{00} . Эта волна содержит 3 составляющие компоненты: радиальную E_r и продольную E_z составляющие электрического поля и азимутальную составляющую магнитного поля H_ϕ . Причем, значение продольной составляющей электрического поля имеет много меньшее значение радиальной [1, 2].

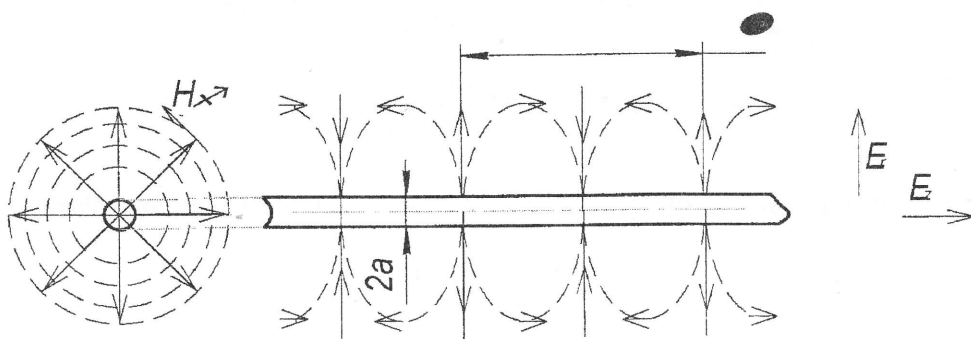


Рис. 1. Электромагнитное поле поверхностной волны E_{00} .

Область пространства, занимаемого электромагнитным полем, зависит от удельной проводимости используемого проводника в волноводе поверхностной волны. Если проводник в виде провода имеет большое значение удельной проводимости, то электромагнитное поле поверхностной волны будет занимать относительно большое пространство в виде цилиндра, ось которого совпадает с осью провода. Для большей концентрации поля вокруг проводника можно применять проводник с меньшей проводимостью проводника, или использовать цилиндрический проводник с ребристой поверхностью [2].

И.Е. Ефимов указывает, что наиболее успешным в применении является провод с высоким значением проводимости и покрытый **тонким** слоем диэлектрика. На рисунке 2 показано сечение такого провода, где a – радиус проводника, a_1 – радиус провода с диэлектрическим покрытием.

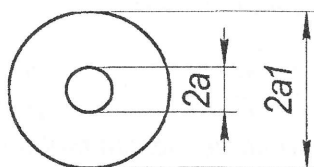


Рис. 2. Сечение провода однопроводной линии передачи.

Иными словами, толщина диэлектрика составляет $(a_1 - a)$. В этом случае рассматриваемый открытый волновод имеет малое затухание при распространении поверхностной волны, основная часть электромагнитной энергии сконцентрирована в небольшом объеме вокруг провода.

Поле поверхностной волны E_{00} имеет следующий вид. Предварительно следует учесть область пространства, в которой рассматривают поле. Для области пространства, соответствующего занимаемому диэлектрическому покрытию, т.е. радиус r изменяется в пределах $a < r < a_1$, составляющие имеют вид [2]:

$$\begin{aligned} E_z &= A \frac{ih_1}{\omega \varepsilon_a} \left[H_0^{(1)}(h_1 r) - \frac{H_0^{(1)}(h_1 a)}{H_0^{(2)}(h_1 a)} H_1^{(2)}(h_1 r) \right] e^{-\gamma z}, \\ E_r &= A \frac{i\gamma_1}{\omega \varepsilon_a} \left[H_0^{(1)}(h_1 r) - \frac{H_0^{(1)}(h_1 a)}{H_0^{(2)}(h_1 a)} H_1^{(2)}(h_1 r) \right] e^{-\gamma z}, \\ H_\varphi &= A \left[H_0^{(1)}(h_1 r) - \frac{H_0^{(1)}(h_1 a)}{H_0^{(2)}(h_1 a)} H_1^{(2)}(h_1 r) \right] e^{-\gamma z}. \end{aligned} \quad (1)$$

В области внешнего пространства, т.е. при $r > a_1$ составляющие имеют вид [2]:

$$E_z = B \frac{h}{\omega \varepsilon_0} H_0^{(1)}(hr) e^{-\gamma z},$$

На основе [3] заметим, что $\frac{W_r}{W_B} = 1 - \frac{F(hr)}{F(ha)}$, где W_r – энергия электромагнитного поля вокруг провода в пространстве радиуса r , W_B – общая энергия поля вокруг провода.

Для малых значений $|hr| \leq 0,1$ выполняется соотношение $F(hr) = -\frac{8}{\pi^2} (0,5 + \ln|0,89 jhr|)$, для больших значений $|hr| \geq 10$ выполняется $F(hr) = -\frac{8}{\pi^2} e^{j2hr}$.

Тогда можно сделать следующие выводы:

1. Для проводов с диэлектрическим покрытием радиус концентрации энергии r_0 значительно меньше, чем для проводов без покрытия.

2. Чем выше частота и тоньше провод при постоянной толщине покрытия, тем меньше граничный радиус r_0 .

3. При увеличении толщины диэлектрического слоя и неизменном диаметре провода значение граничного радиуса r_0 несколько уменьшается. Однако при значительном увеличении размеров провода r_0 увеличивается незначительно.

Поверхностная волна при распространении испытывает затухание, которое определяется потерями в металле α_M и в диэлектрике α_D :

$$\alpha_M = \frac{\pi \delta_M (ha_1)^2 [H_1^{(0)}(ha_1)]^2}{\lambda a_1 F(ha_1)}, \quad (6)$$

$$\alpha_D = \frac{\pi \operatorname{tg} \delta \ t}{\lambda \varepsilon a_1} \frac{2(ha_1)^2 [H_1^{(0)}(ha_1)]^2}{F(ha_1)}, \quad (7)$$

где δ_M – глубина проникновения тока в металлический проводник.

Если выполняется соотношение $\frac{a_1}{r_0} \ll 1$, то выражения для потерь можно записать в виде:

$$\alpha_M = \frac{\pi \delta_M}{\lambda 2a_1} \frac{1}{0,5 + \ln\left(\frac{0,89a_1}{r_0}\right)}, \quad (8)$$

$$\alpha_D = \frac{\pi \operatorname{tg} \delta \ t}{\lambda \varepsilon a_1} \frac{1}{0,5 + \ln\left(\frac{0,89a_1}{r_0}\right)}. \quad (9)$$

При выполнении соотношения $\frac{a_1}{r_0} \gg 1$ для нахождения потерь можно применять выражения:

$$\alpha_M \approx 4t\delta_M \left(\frac{\pi}{\lambda}\right)^2 \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right), \quad (10)$$

$$\alpha_d \approx \frac{8\pi^3}{\lambda} \frac{\operatorname{tg} \delta}{\varepsilon} \left(\frac{t}{\lambda} \right)^2 \left(1 - \frac{1}{\varepsilon} \right). \quad (11)$$

Таким образом, **основные выводы** о затухании поверхностной волны сводятся к следующему:

1. Затухание в волноводе поверхностных волн зависит от отношения $\frac{a_1}{r_0}$ в случае, если толщина оболочки много меньше граничного радиуса.

2. В случае если толщина оболочки больше граничного радиуса, то потери энергии поверхностной волны зависят от значения самой толщины оболочки.

Приведенные выше соотношения показывают, что путем подбора параметров провода с диэлектрическим покрытием можно получить практически любой граничный радиус, при этом может возрасти затухание в линии передачи.

Литература:

1. Кисмерешкин В.П., Лобова Г.Н. Моделирование линейной антенной решетки на основе однопроводной линии передачи // «Приборы и техника эксперимента». – 1996. – № 5. – С. 85-86.
2. Кисмерешкин В.П., Лобова Г.Н. Нетрадиционное построение всенаправленных и направленных антенн // Мат. 7-й Междунар. Крымской конф. «СВЧ – техника и телекоммуникационные технологии» 16-19 сентября. Т. 2. – Севастополь, 1996. – С. 531-533.
3. Семенов В.В. Использование линии поверхностной волны в качестве мощного телевизионного антенного фидера // «Электросвязь». – 1970. – №12. – С. 16-17.
4. Семенов Н.А., Поликовский А.М. Линии поверхностной волны для передачи телевидения // Линии связи СССР. Всесоюзный электротехнический институт связи. – М.: РИО ВЗЭИС, 1963. – 74 с.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Казиев Г.З., Набиева Г.С., Калижанова А.У., Даутова Б.М.	
Многокритериальные задачи дискретного программирования	184
Казиева Ж.Г., Казиев Г.З., Уалиева И.С. Обработка данных с синтезированной радиолокационной апертурой для картирования и определения типов морского льда в северной части Каспийского моря	188
Калижанова А.У., Набиева Г.С., Картбаев Т.С., Даутова Б.М.	
Методы и алгоритмы компрессии мультимедийных данных.....	194
Оспанова С.С. Линеаризация системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных методом малых возмущений	197
Риттер Д.В., Латыпов С.И., Забирова А.А. Структура поля и параметры волны в однопроводной линии Губо	201

ЭКОНОМИКА

Ажибаева А.А., Кулапин В.М. Страхование строительно- монтажных рисков.....	206
Есенберлина Д.И., Евтушенко А.А. Ключевые направления развития Казахстана до 2020 года	208
Кайратулы Д., Нуржанова К.А. Экономическое обоснование инвестиций в развитие и инфраструктуру строительного комплекса Республики Казахстан.....	211
Нуржанова К.А. Научные основы конкурентных преимуществ строительной отрасли	215
Мадынов А.И., Даурбекова С.Ж. Развитие инновационных программ в Казахстане в свете индустриально-инновационного развития	218
Урустемов С.Б., Нуржанова К.А. Государственная программа развития жилищного строительства.....	221
Шагатаев Б.А. Некоторые вопросы определения сметной стоимости кровельных работ	224

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Адилбаева У.Б. Общие компетенции, предлагаемые проектом TEMPUS (TuСАНЕА) для направления «Языки»	227
Акбаева Л.Н., Акбаева А.Н. Эстетические взгляды Габита Мусрепова.....	230
Карыбаева Г.А. Проектный метод как способ раскрытия коммуникативно-направленного обучения	233
Крюкова Г.В., Зиновьева Л.В., Парфисенко Н.А. Двигательные действия как предмет обучения.....	238
Нурмахова Ж.К. Обучение письму как способ развития индивидуального творческого мышления студентов.....	242