

РАДИОТЕХНИКА

Radioengineering XXI век

1 2015

В номере:

Проблемы динамичности РЛС
авиационных комплексов перехвата
воздушных целей

Разрешающая способность
голографической РЛС планового обзора
при изображении движущейся поверхности

и др.



тел./факс: (495) 625-9241
e-mail: info@radiotec.ru
<http://www.radiotec.ru>

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС 70775 В КАТАЛОГЕ АГЕНТСТВА «РОСПЕЧАТЬ»: ГАЗЕТЫ И ЖУРНАЛЫ



РАДИОТЕХНИКА

Radioengineering

Включен в перечень ВАК XXI век

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Л.П. Андрианова, д.т.н., проф. П.А.Бакулев, д.ф.-м.н., проф. О.В. Бецкий, д.т.н., проф. А.В. Богословский, д.т.н., проф. Р.П. Быстров, д.т.н., проф. В.С. Верба, д.т.н., проф. В.В. Витязев, д.т.н., проф. Э.А. Засовин, д.т.н., доцент А.В. Иванов, д.т.н., проф. В.А. Каплуи, д.т.н., проф. Ю.Л. Козирацкий, д.ф.-м.н., проф. А.Г. Козорезов (Великобритания), к.ф.-м.н., с.н.с. В.В. Колесов (зам. главного редактора), д.ф.-м.н., проф. И.Н. Компанец, д.т.н., проф. Г.С. Кондратенков, д.т.н., проф. А.В. Коренной, д.ф.-м.н., проф. Б.Г. Кутуза, д.т.н., проф. В.И. Меркулов, д.т.н., проф. В.П. Мешанов, д.т.н., проф. В.А. Обуховец, д.т.н., проф. А.И. Перов, д.ф.-м.н. В.П. Плесский (Швейцария), д.ф.-м.н., проф. В.В. Проклов, акад. РАН В.И. Пустовойт, д.т.н., проф. В.Г. Радзиевский, д.т.н., проф. Е.М. Сухарев, д.т.н., проф. Е.Ф. Толстов, д.т.н., проф. В.Н. Ушаков, д.т.н., проф. В.Е. Фарбер, акад. РАН И.Б. Фёдоров, д.т.н., проф. Ю.С. Шинаков, д.т.н., проф. С.В. Ягольников, д.т.н., проф. М.С. Ярлыков.

Главный редактор
академик РАН
Ю. В. Гуляев

EDITORIAL BOARD:

L.P. Andrianova, Academician RAS I.B. Fedorov, Academician RAS V.I. Pustovoit, Dr.Sc. (Eng.), Prof. P.A. Bakulev, Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof. O.V. Betskii, Dr.Sc. (Eng.), Prof. A.V. Bogoslovskii, Dr.Sc. (Eng.), Prof. R.P. Bystrov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.Ye. Farber, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.A. Kaplun, Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof. I.N. Kompanets, Dr.Sc. (Eng.), Prof. G.S. Kondratenkov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. A.V. Korennoi, Dr.Sc. (Eng.), Prof. Yu.L. Koziratskii, Dr. Sc. (Phys. - Math), Prof. A.G. Kozorezov (Great Britain), Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof. B.G. Kutuza, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.I. Merkulov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.P. Meshchanov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.A. Obukhovets, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.P. Plessky (Switzerland), Dr.Sc. (Eng.), Prof. A.I. Perov, Dr.Sc. (Phys.-Math.), Prof. V.V. Proklov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.G. Radzievskii, Dr.Sc. (Eng.), Prof. Yu.S. Shinakov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. Ye.M. Sukharev, Dr.Sc. (Eng.), Prof. Ye.F. Tolstov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.N. Ushakov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.S. Verba, Dr.Sc. (Eng.), Dr.Sc. (Eng.), Prof. V.V. Vityazev, Dr.Sc. (Eng.), Prof. S.V. Yagolnikov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. M.S. Yarlykov, Dr.Sc. (Eng.), Prof. E.A. Zasovin, Dr.Sc. (Eng.), Associate Prof. A.V. Ivanov, Ph.D. (Phys.-Math.), Senior Research Scientist V.V. Kolesov (Deputy Editor).

Editor-in-Chief,
Academician RAS,
Yu.V. Gulyaev

Содержание**№ 1 январь 2015 г.****ЦИФРОВЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ**

Цифровой адаптивный согласованный фильтр для широкополосных сигналов
Натальян А.Б., Самольянов А.А., Сергиенко А.Б.

4

СИНТЕЗ И АНАЛИЗ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И УСТРОЙСТВ

Проблемы динамичности РЛС авиационных комплексов перехвата воздушных целей
Меркулов В.И.

13

Разрешающая способность голографической РЛС планового обзора при изображении движущейся поверхности
Лавров А.А., Никоненко А.В.

20

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

Программное обеспечение для управления, сбора и обработки данных метеорной УКВ РЛС
Борисенко И.А.

25

Экспериментальное исследование сверхсветовой скорости распространения заузленных электромагнитных волн в вакууме

© Авторы, 2015

© ЗАО «Издательство «Радиотехника», 2015

М.В. Смелов – к.т.н., вед. науч. сотрудник, ОАО «Корпорация «Комета»

Приведены результаты экспериментального исследования сверхсветовой скорости распространения заузленных электромагнитных волн в вакууме, которые генерировались заузленными антеннами в форме трилистника. Эксперимент основан на измерении группового времени задержки.

Ключевые слова: вихревая электродинамика, тороидальные антенны, спиральные антенны

This article summarizes the results of experimental studies of the superluminal propagation of knotted electromagnetic waves in vacuum, which were generated knotted antennas in the shape of a trefoil. The research was carried out by measuring the group time delay.

Keywords: vortex electrodynamics, toroidal antenna, helical antenna.

Введение

В данной статье приводятся результаты экспериментального исследования сверхсветовой скорости распространения заузленных электромагнитных волн в вакууме.

Вывод о том, что сверхсветовые сигналы не могут существовать в природе, был сделан А. Эйнштейном в специальной теории относительности (СТО) на основании кинематики.

Проблема причинно-следственной связи между двумя событиями в СТО является, однако, проблемой учета сложнейшей динамики взаимодействия трех сущностей: электромагнитного поля как формы деформации вакуума, не точечных электронов в излучателе и приемнике поля и физического вакуума (не пустоты) в качестве носителя поля и электронов, и поэтому не может быть решена в принципе на основе чисто кинематических соображений. Поэтому без знания всего множества существующих взаимодействий полей в многомерном физическом вакууме («пустоте» по Эйнштейну) вывод о невозможности сверхсветовых сигналов является следствием гипотезы постоянства скорости света.

Экспериментальное исследование этой проблемы было односторонним и направленным в основном на доказательство постоянства скорости света по двум главным причинам.

1. Существование сверхсветовых сигналов противоречило принципу причинно-следственных связей в 4-мерном пространстве–времени.

2. Уравнения для 4-потенциалов, являясь релятивистски-инвариантными, в принципе не позволяют обнаружить сверхсветовые сигналы, если использовать калибровку Лоренца, если считать электрические заряды точечными и если проводить расчеты на основе стандартной теории возмущений, когда вклады в 4-потенциал от сверхсветовых возбуждений полностью взаимно компенсируются в любом порядке теории возмущений, так что исчезают какие-либо экспериментальные и теоретические следы присутствия сверхсветовых сигналов. Существование этих причин объясняется простыми нижеследующими факторами.

Известно, что волновое уравнение Максвелла и их группа инвариантности Лоренца с множителем преобразования $\sqrt{1 - V^2/C^2}$ содержат именно константу C^2 , связанную лишь с модулем вектора скорости света C (а вектор определяется тремя компонентами). Кроме того, в этом множителе преобразования содержится еще константа, связанная лишь с модулем V^2 вектора скорости подвижной системы отсчета. Дополнительно в множителе преобразования стоит отношение этих модулей, т.е. при пропорциональном изменении модуля C^2 относительно модуля V^2 , что именно и происходит в движущихся системах отсчета, измеряемые физические величины не меняются, а все наблюдаемые изменения кажущиеся, обусловленные способами измерения.

В соответствии с теоремой неполноты Геделя в любой непротиворечивой теории существуют утверждения, которые нельзя ни доказать, ни опровергнуть в рамках этой теории.

Поэтому и в рамках релятивистски-инвариантной электродинамики принципиально не возможно ни доказать, ни опровергнуть факт как постоянства именно *вектора* скорости света C , так и превышения ее (типа эксперимента Майкельсона–Морли или логически строгого мыслительного эксперимента Эйнштейна). Другими словами, нельзя ни доказать и ни опровергнуть этот факт ни теоретически, ни экспериментально в любых мыслительных или технических экспериментах с противонаправленными лучами, однонаправленными лучами или ортогональными лучами, именно с электромагнитными лучами, имеющими группу симметрии Лоренца.

Описание эксперимента

Целью эксперимента было определение скорости распространения заузленной ЭМВ с другим (не лоренцевым типом симметрии) путем измерения группового времени запаздывания (ГВЗ) этой волны.

Заузленная в форме многолистника электромагнитная волна (ЭМВ) является новым не тривиальным топологическим решением уравнений Максвелла в физическом вакууме [1, 2]. Эта ЭМВ создается в передающей и приемной заузленной антенне [3].

Наглядная интерпретация новых решений в виде заузленной ЭМВ состоит в том, что силовые линии электрической и магнитной компоненты электромагнитного поля образуют торический узел, в частности в виде трилистника. В свою очередь электрическая силовая линия поля на торе в виде трилистника технологически совмещается с линией электрического тока сверхвысокой частоты в металлическом проводнике в форме трилистника антенны на резонансной частоте одной петли трилистника.

Принципиальная схема экспериментального стенда показана на рис. 1. Здесь цифрами 1 и 2 отмечены передающая антенна и приемная антенна в форме трилистника соответственно. Расстояние между антеннами устанавливалось кратное двум, начиная от дистанции связи, равной длине волны 55 мм, до семи длин волн 385 мм.

Для измерения использовался векторный анализатор цепей E8362B (Agilent Technologies) с погрешностью измерения ГВЗ, равной 1 пс.

Антенны размещались в экранированном подземном помещении на глубине 10 м в безэховой камере с подавлением внешних и отраженных сигналов не менее 100 дБ в полосе частот 1...10 ГГц и имеющей габаритные размеры 1,5×1,5×3 м. Фото размещения трилистниковых антенн на стенде вблизи поглотителей приведено на рис. 2, где показано расположение антенн на минимальном расстоянии L , равном длине волны $\lambda = 55$ мм. На рис. 3 показано расположение антенн на максимальном расстоянии, равном $L = 495$ мм.

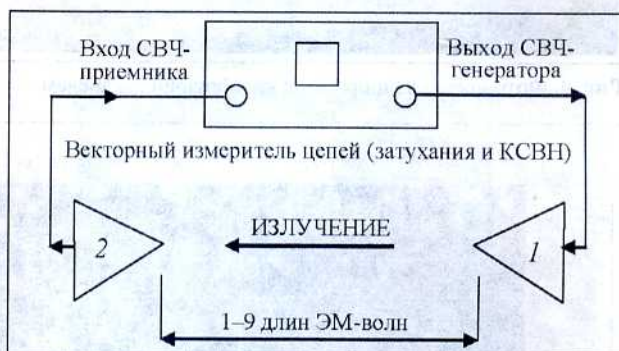


Рис. 1. Схема измерительного стенда

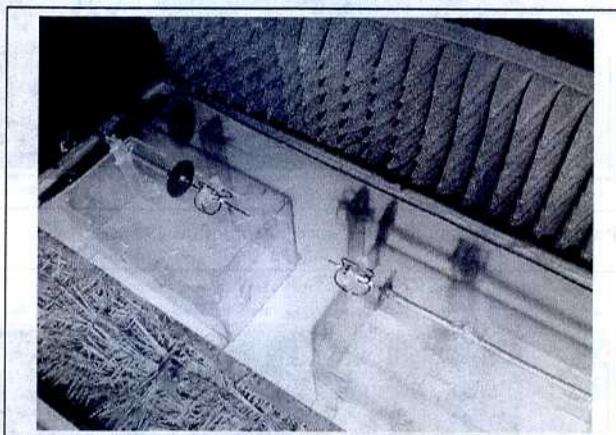


Рис. 2. Фото трилистниковых антенн на дистанции связи, равной длине волны 55 мм

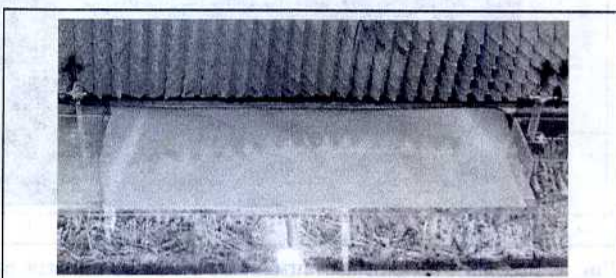


Рис. 3. Фото трилистниковых антенн на дистанции связи, равной девяти длинам волн – 495 мм

Методика проведения эксперимента и результаты эксперимента

Сначала проводится калибровка измерительной схемы с помощью коаксиального кабеля фиксированной длины 495 мм, который вставляется между разъемами передающего канала (порта 1) и приемного канала (порта 2) векторного анализатор цепей на рис. 1. Фото с установленным калибрующим кабелем приведено на рис. 4.



Рис. 4. Фото схемы калибровки с калибрующим кабелем

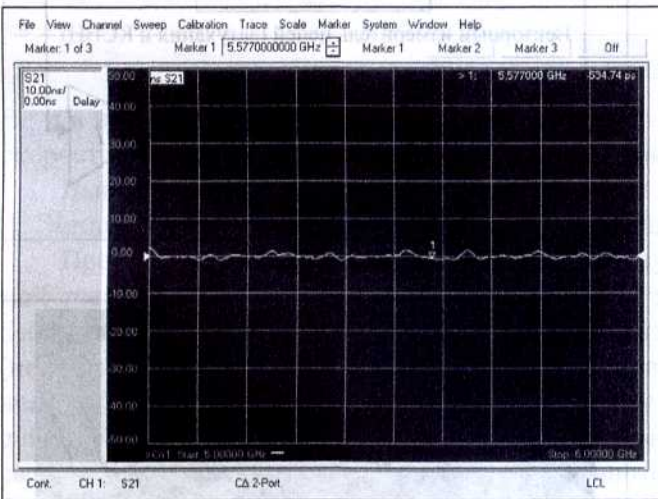


Рис. 5. График калибровки кабелем длиной 495 мм

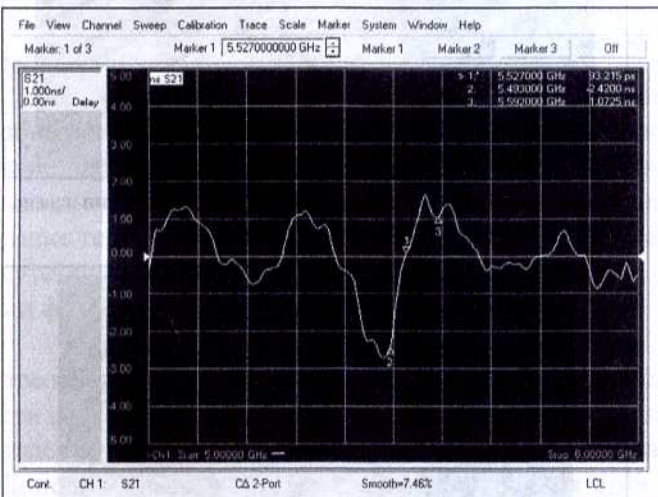


Рис. 6. График ГВЗ сигнала антенн на дистанции связи равной длине волны 55 мм (маркер «1» на максимуме продольной заузленной ЭМВ)

Суммарная длина передающего кабеля, калибрующего кабеля и приемного кабеля, равна 2 м. Следовательно, при групповой скорости электромагнитной волны ~ 300000 км/с, ГВЗ равна ~ 6600 пс. Эта величина измерена и схемой электронной компенсации внутри векторного анализатор цепей приведена к приборному нулю в диапазоне частот 5...6 ГГц. На рис. 5 показана калибрующая кривая, которая определяет начальный отсчетный уровень задержки. Следует отметить, что максимуму амплитуды продольной заузленной электромагнитной волны соответствует частота 5,53 ГГц, которая отмечена на графике рис. 6 маркером «1», при расстоянии L между передающей и приемной антенной, равном длине волны $L = \lambda = 55$ мм около ближних зон антенн, где ГВЗ = 93,215 пс. Именно в этом максимуме сигнала проводятся все последующие измерения ГВЗ.

На рис. 7 показаны графики ГВЗ со сглаживанием результатов. График для дистанции связи $L = 2\lambda = 110$ мм приведен на рис. 7,а. На этом графике видно, что на маркере «1» ГВЗ = 69,89 пс – это значение задержки при большей дистанции связи меньше, чем при меньшей дистанции связи на рис. 6 (где ГВЗ = 93,215 пс). На рис. 7,б показан график ГВЗ для дистанции связи, увеличенной на одну длину волны, т.е. до значения $L = 3\lambda = 165$ мм, и маркером «1» помечена уменьшенная величина ГВЗ = 23,954 пс. На рис. 7,в показан график ГВЗ для увеличенной дистанции еще на длину волны до $L = 4\lambda = 220$ мм, где начинают проявляться колебания задержки и ее величина ГВЗ = -7,1534 пс на маркере «1». Для следующей дистанции связи, увеличенной еще на одну длину волны до $L = 5\lambda = 275$ мм, сглаживание увеличено до 19,4%, как показано на рис. 7,г, где ГВЗ = -3,04 пс. На рис. 7,д показан график ГВЗ для увеличенной дистанции связи еще на длину волны до $L = 6\lambda = 330$ мм и величина задержки на маркере «1» равна ГВЗ = -2,91 пс. На рис. 7,е показан график ГВЗ для увеличенной дистанции связи еще на длину волны до $L = 7\lambda = 385$ мм, при этом величина задержки на маркере «1» составила ГВЗ = -1,86 пс.

Из рис. 7 видно, что в волновой зоне Фраунгофера суммарное ГВЗ стремится асимптотически к нулю в пределах суммарной инструментальной и методической погрешности измерения не более ± 2 пс. Следует напомнить, что ГВЗ поперечной ЭМВ в калибрующем кабеле длиной 2 м равно 6600 пс.



Рис. 7. Графики ГВЗ со сглаживанием результатов для различных дистанций связи L : $a - L = 2\lambda = 110$ мм; $b - L = 3\lambda = 165$ мм; $c - L = 4\lambda = 220$ мм; $d - L = 5\lambda = 275$ мм; $e - L = 6\lambda = 330$ мм; $e - L = 7\lambda = 385$ мм

На рис. 8 для сравнения приводится график ГВЗ без аппаратного сглаживания. Для контроля проводилось измерение ГВЗ на тех же дистанциях связи при установке антенн типа классического полуволнового вибратора по схеме рис. 1, излучающих обычную поперечную ЭМВ. Измерено, что ГВЗ этой ЭМВ возрастает линейно – например на дистанции связи, равной длине волны 55 мм, усредненное

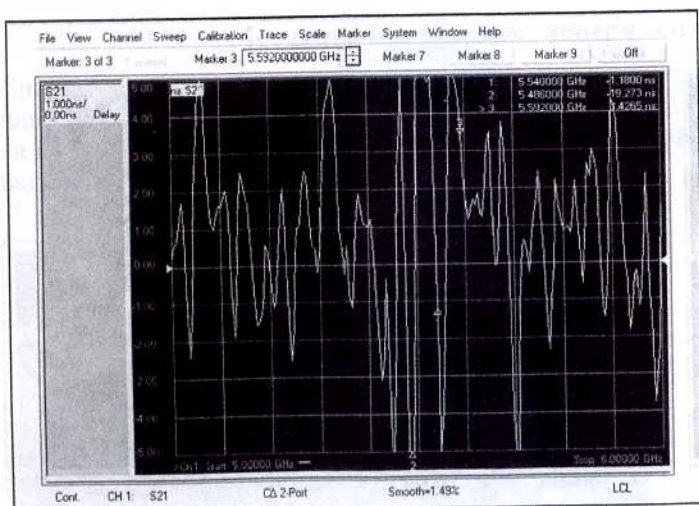


Рис. 8. График ГВЗ без сглаживания для дистанции связи $L = 480$ мм

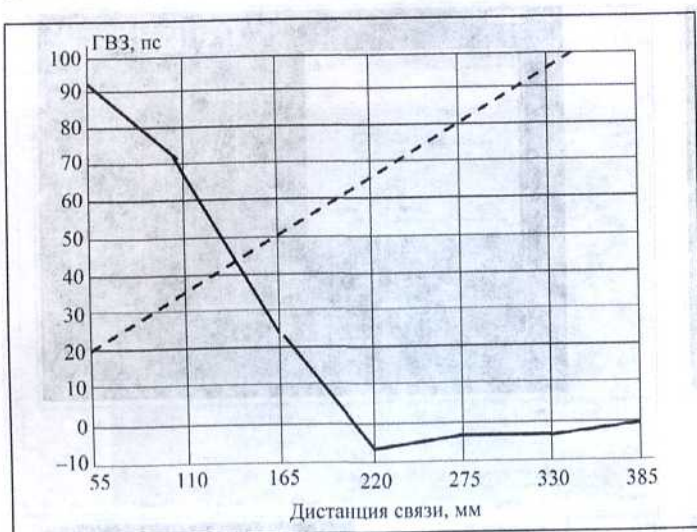


Рис. 9. Графики ГВЗ (запаздывания) заузленной ЭМВ (сплошная линия) и поперечной ЭМВ (пунктирная линия)

ощим образом. Найденной новой группе Артини симметрии косы (не группе Лоренца) соответствует новый тип крутильных (но не вращательных) волновых деформаций силовых линий электрической и магнитной компоненты заузленной электромагнитной волны. Другими словами, технически создается принципиально новая степень свободы у поля (ось делителей нуля в комплексных гиперболических числах алгебры симметрии гиперболического пространства электромагнитного поля), эквивалентная физическому расслоению 4-мерного пространства–времени до 10-мерного пространства (6 пространственных измерений и 4 временных измерения), в котором и происходит движение заузленного поля. В эксперименте наблюдается лишь проекция этого движения на 4-мерное пространство–время, в котором функционируют антенны и регистрируются сигналы. При этом т.н. крутильные деформации (кручение) этих линий вокруг и вдоль косы, т.е. вдоль волнового вектора, описываются продольной заузленной компонентой электромагнитной волны, поперечная компонента меньшей напряженности этой же заузленной ЭМВ распространяется перпендикулярно оси косы. Фронт волны представляет собой геликоидальную поверхность, т.е. трехзаходную винтовую поверхность шнека в случае использования трилистниковой антенны в данном эксперименте, характерную для крученых электромагнитных волн [5, 6].

Важно отметить, что антисимметричная часть тензора энергии–импульса кручения этой заузленной ЭМВ отрицательна и не уничтожается стандартной релятивистской инвариантной процедурой калибровки Ландау (эквивалентной калибровке Лоренца для четырехмерных вектор–потенциалов). Эта антисимметричная часть описывает формально нелокальные продольные фотоны, а движение этих фотонов не

ГВЗ ≈ 18 пс, а на дистанции связи, равной семи длинам волн (385 мм) ГВЗ ≈ 126 пс.

График изменения ГВЗ с увеличением дистанции связи приведен на рис. 9, где сплошной линией показан график ГВЗ заузленной ЭМВ, а пунктирной линией – график ГВЗ поперечной волны.

Обсуждение результатов эксперимента

Без сглаживания графиков наблюдалась сильная колебательность ГВЗ, как видно на рис. 8 для дистанции связи $L = 480$ мм, обусловленная циклическим изменением направления вектора Пойтинга на противоположное каждые полволны заузленной электромагнитной волны.

Уравнения Максвелла естественным образом становятся кусочно–линейными (локально на полупериодах), но глобально по пространству–времени – нелинейными. Соответствующее циклическое изменение ГВЗ на половине длине волны 27,5 мм равно ГВЗ $\approx \pm 9$ пс. В обычной поперечной волне вектор Пойтинга не меняется по направлению. Изменение вектора Пойтинга по направлению соответствует образованию локально расходящейся волны (направленной по волновому вектору) в одном полупериоде и образованию сходящейся волны в другом полупериоде заузленной ЭМВ. Соответственно в каждом полупериоде меняется знак ГВЗ от (–) запаздывания до (+) упреждения, поэтому в сумме за много периодов волн суммарное ГВЗ асимптотически стремится к нулю, т.е. теоретически волна в волновой зоне на бесконечности стремится распространяться мгновенно подобно инстантону. Конкретно в данном эксперименте при точности измерений 2 пс определено превышение скорости свете не менее, чем в 1000 раз. Данный эффект объясняется следу-

ограничивается скоростью света даже в стандартной квантовой релятивистской электродинамике. Следует напомнить, как описано в [3], что в волновой зоне измеренный темп затухания продольной компоненты заузленной ЭМВ уменьшается с увеличением расстояния от источника, т.е. плотность энергии в косе увеличивается (но полная энергия конечна), коса сжимается, т.е. при суммарном нулевом запаздывании эта коса превращается на бесконечности в струну.

Если добиться погрешности измерения порядка 1 фс, то можно обнаружить превышение скорости света в 10^6 раз. Однако в рамках существующих современных теорий «космических струн» [4] можно ожидать превышение скорости света в 10^9 – 10^{10} раз, т.е. распространение сигнала будет происходить практически мгновенно.

- Экспериментально обнаружена скорость распространения электромагнитной волны, превышающая скорость света более чем в 1000 раз.

Литература

1. *Ranada A.F. and Trueba J.L.* Two properties of the electromagnetic knots // *Physics Letters A* 232. 25–32. 1997.
2. *Rached M.Z. and Recami E.* A set of new localized Superluminal solutions to the Maxwell equations // *Annales de la Fondation Louis de Broglie*. V. 27 № 2. 2002.
3. *Смелов М.В.* Экспериментальное исследование возбуждения и распространения заузленных электромагнитных волн в различных средах // *Радиотехника*. № 2. 2014. С. 31.
4. *Krasnikov S.V.* Gravitation string. Do we see one? *Grav. Cosmol.* 15: 62–64. 2009.
5. Физики впервые передали информацию по скрученной радиоволне. Fabrizio Tamburini. Университет Падуи (Università degli Studi di Padova). лаборатория Ангстрема (Ångströmlaboratoriet). <http://www.membrana.ru/particle/17678>.
6. *Попов Л.* Кривой луч зажигает плазму и большие надежды (<http://www.membrana.ru/particle/1952> от 10 апреля 2009).

Поступила 29 апреля 2014 г.

Experimental study of superluminal propagation velocity of knotted electromagnetic waves in vacuum

© Authors, 2015

© Radiotekhnika, 2015

M.V. Smelov – Ph. D. (Eng.), Leading Research Scientist, JSC «Corporation «Kometa»

This article summarizes the results of experimental studies of the superluminal propagation of knotted electromagnetic waves in vacuum. The conclusion that superluminal signals cannot exist in nature, was made by Einstein in a Special Relativity on the basis of kinematics without taking into account the dynamics of the interactions of electromagnetic waves, currents of electrons antenna receiver (transmitter) and physical vacuum. It is always assumed that the symmetry group of Maxwell's equations only Lorentz, but this is true only for flat and spherical transverse electromagnetic waves. However, the experiments described in the article are based on the use of the new group of transformations in the form of topological split of Artini symmetry of equations of Maxwell-Dirac representation which is a fundamentally new class of functions materialized in the form of knotted electromagnetic fields.

Technically, generation and reception of this type of wave is realized with the help of knotted wire antenna. Measurement of the velocity of propagation of knotted electromagnetic waves (EMW) was conducted by the method of measurement of group time delay (GTD) longitudinal components of knotted EMW with symmetry group of the split of Artini. Initial calibration was performed using regular waveguide by a transverse electromagnetic wave with a group of Lorentz symmetry. State exhibition hall were measured at different distances communications, which was initially set equal to one wave length 55 mm up to seven wavelengths 385 mm

It is found experimentally that in the wave zone Fraunhofer a GTD tends to zero within total instrumental and methodological error of measurement of ± 2 picosec. Specifically, in this experiment with accuracy of 2 ps defined speeding light of not less than 100 times. In each half-wave of knotted EMW Poiting vector changes its sign, and the corresponding diverging and converging half-wave, therefore, the group delay tends to zero, i.e. theoretically spread of knotted EMW at infinity is instantaneous.

For monitoring, evaluations were carried out state exhibition hall on the same distances connection when installing antennas classic half-wave vibrator, emitting conventional cross EMW. Measured that state exhibition hall increases linearly, for example from distance communication is equal to the wave length 55 mm, where GTD~18 ps, to distance communication equals seven wavelengths 385 mm, where GTD~126 ps. In this case Poiting vector does not change its direction.

References

1. *Ranada A.F. and Trueba J.L.* Two properties of the electromagnetic knots // *Physics Letters A* 232. 25–32. 1997.
2. *Rached M.Z. and Recami E.* A set of new localized Superluminal solutions to the Maxwell equations // *Annales de la Fondation Louis de Broglie*. V. 27 № 2. 2002.
3. *Smelov M.V.* E'ksperimental'noe issledovanie vozbuзhdeniya i rasprostraneniya zauzlenny'x e'lektromagnitny'x voln v razlichny'x sredax // *Radiotekhnika*. № 2. 2014. S. 31.
4. *Krasnikov S.V.* Gravitation string. Do we see one? *Grav. Cosmol.* 15: 62–64. 2009.
5. Физики впервые передали информацию по скрученной радиоволне. Fabrizio Tamburini. Universitet Padui (Università degli Studi di Padova). laboratoriya Angstrema (Ångströmlaboratoriet). <http://www.membrana.ru/particle/17678>.
6. *Popov L.* Krivoj луч zazhigaet plazmu i bol'shie nadezhdy' (<http://www.membrana.ru/particle/1952> ot 10 aprelya 2009).