Литература

1. Погуляев, М. Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей / М. Н. Погуляев // Вестник Гомельмкого государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2022. – № 3 (90). – С. 96–103.
2. Обзор современных проблем и перспективных технологий повышения энергоэффективности, безопасности и устойчивости железнодорожного транспорта / З. И. Кляич, Д. М. Павкович, М. А. Ципек, М. К. Никшич // Future Internet. – 2023. – Т. 15. – С. 347.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДВУХ НЕКОГЕРЕНТНЫХ ПУЧКОВ В НЕЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ

И. С. Шашок

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель П. С. Шаповалов

Рассмотрена задача вывода нелинейной системы уравнений Шредингера для описания взаимодействия двух некогерентных пучков в среде с керровской нелинейностью в пренебрежении интерференции между ними.

Ключевые слова: керровская нелинейность, нелинейное взаимодействие, некогерентные пучки, нелинейная фокусировка.

В последнее время развитие электроники требует создания электронных устройств на базе оптических элементов, которые обладают значительным быстродействием и большой пропускной способностью. Уже подавляющий объем информации передается с помощью различных типов световодов. Обработка информации также производится с помощью оптоэлектронных устройств, например, акустооптических преобразователей. Также широко исследуется применение нелинейных оптических явлений в оптоэлектронных устройствах. Наиболее перспективными являются устройства на основе керровской нелинейности. В таких средах показатель преломления среды (n) зависит от интенсивности света [1]:

$$n = n_0(1+\beta I)\,. \qquad (1)$$

Здесь n_0 – линейная часть показателя преломления; β – коэффициент нелинейности; I – интенсивность света. Подробно исследовано распространение круговых лазерных пучков в таких средах. Также подробно исследовано распространение эллиптических и вращающихся эллиптических пучков в нелинейных средах типа (1). Но остается не исследованным распространение в нелинейных средах двух световых пучков.

Теоретическое исследование явлений предполагает решение дифференциальных уравнений. Решение можно произвести аналитически, т. е. найти решение в виде аналитической функции. Это позволяет подробно исследовать поведение световых пучков в нелинейной среде, найти критическую мощность самофокусировки, ее зависимость от начальных параметров пучка, а также изменение формы световых пучков при распространении в нелинейной среде. Численное решение можно произвести в сложных случаях, когда аналитические методы нельзя применить. Но численные решения обладают существенным недостатком: они позволяют найти поведение в частном случаи, но они не обладают свойством общности. Для нелинейных явлений аналитические методы в массе своей – приближенные, и численные методы позволяют контролировать точность аналитических исследований.

При распространении в линейной среде когерентных пучков происходит перераспределения световой энергии и наблюдается интерференционная картина в виде светлых и темных пятен. Если среда нелинейная, например, среда с керровской нелинейностью, т. е. зависимостью показателя преломления от интенсивности света (1), то интерференционные явления усложняются, и наблюдается кроме пространственного перераспределения интенсивности света перекачка энергии между пучками, а также возможна, если выполняются условия фазового синхронизма, генерация различных гармоник. Нелинейные интерференционные явления достаточно сложны и даже в простейших случаях не позволяют произвести аналитические исследования.

Более простые явления наблюдается при распространении некогерентных пучков в нелинейных средах. В этом случае мы пренебрегаем интерференционными членами, что упрощает дифференциальные уравнения и позволит использовать аналитические методы для исследования. Теоретическое исследование явлений предполагает решение дифференциальных уравнений. Решение можно произвести аналитически, т. е. найти решение в виде аналитической функции.

Если пучки получены от различных источников, например, лазеров, и если они одного типа, то полученные от них пучки будут взаимно некогерентными. Также взаимно некогерентными будут пучки, полученные при разделении одного пучка, но их разность хода больше длины когерентности, т. е. взаимодействуют пучки от различных цугов, и при их сложении интерференционные явления не наблюдаются. Обычно длина когерентности лазерного излучения зависит от длины резонатора лазера. Чем он больше, тем больше длина когерентности лазерного излучения.

Для описания распространения лазерных пучков в нелинейных средах используем нелинейное уравнение Шредингера [2]:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 U}{\partial y^2}-2ik_0\frac{\partial U}{\partial z}+k_0^2\beta\left|U\right|^2U=0, \tag{2}$$

где U – компонента напряженности электромагнитного поля, $\left|U\right|^2=UU^*$ – квадрат модуля комплексной функции; U^* – комплексно сопряженная функция; x, y – поперечные декартовые координаты; z – продольная декартовая координата, координата вдоль распространения световых пучков. Пусть в направлении z распространяются два некогерентных лазерных пучка:

$$U=U_1+U_2. \tag{3}$$

При подстановке (3) в (2) получим следующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 U_1}{\partial y^2}-2ik_0\frac{\partial U_1}{\partial z}+\frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 U_2}{\partial y^2}-2ik_0\frac{\partial U_2}{\partial z}+$$

$$+k_0^2\beta\left\{\left|U_1\right|^2U_1+2\left|U_1\right|^2U_2+U_1U_2^*U_1+U_2U_1^*U_2+2\left|U_2\right|^2U_1+2\left|U_2\right|^2U_1\right\}=0. \tag{4}$$

Учитывая, что пучки некогерентные, мы можем пренебречь интерференционными членами $U_1U_2^*U_1+U_2U_1^*U_2$, которые отвечают за перекачку световой энергии между пучками. Так как пучки некогерентные, то функции, описывающие их, линейно независимы, поэтому мы можем уравнение (4) разбить на систему двух линейно независимых уравнений вида:

$$\frac{\partial^2 U_1}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 U_1}{\partial y^2}-2ik_0\frac{\partial U_1}{\partial z}+k_0^2\beta\left(\left|U_1\right|^2+2\left|U_2\right|^2\right)U_1=0; \quad (5а)$$

$$\frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 U_2}{\partial y^2}-2ik_0\frac{\partial U_2}{\partial z}+k_0^2\beta\left(\left|U_2\right|^2+2\left|U_1\right|^2\right)U_2=0. \quad (5б)$$

Из уравнений системы (5) следует влияние сопутствующего пучка на нелинейные эффекты фокусировки в два раза больше, чем влияние основного пучка на самофокусировку. Это является довольно странным и может приводить к новым нелинейным явлением.

Исследование систему уравнений (5) будет нами продолжаться. Одним из путей может быть поиск решения уравнения в приближении сохранения пучков гауссовой формы, где параметр U будет искаться в виде круговой гауссовой функции:

$$U_i=\exp\left\{-P+iQ+\frac{x^2+y^2}{w^2}-ik_0\frac{x^2+y^2}{R}\right\}. \quad (6)$$

Здесь параметры P, Q характеризуют изменение интенсивности и набег фаз на оси пучка; w – изменение размера светового пятна пучка; R – кривизна фазовой поверхности.

Литература

1. Бломберген, Н. Нелинейная оптика / Н. Бломберген. – М. : Мир, 1966. 256 с.
2. Гончаренко, А. М. К теории рспространения вращающегося гауссова пучка света в нелинейной среде / А. М. Гончаренко, П. С. Шаповалов // Доклады АН БССР. – 1988. – Т. 32, № 12. – С. 1073–1076.

УПРАВЛЯЕМЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ В УСТРОЙСТВАХ НАГРУЖЕНИЯ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ РЕЗЕРВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Цзя Шусян

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь, Шаньдунский технологический институт Хуаной, г. Дэчжоу, Китайская Народная Республика

Научный руководитель М. Н. Погуляев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Предложена схема устройства нагружения синхронных генераторов резервных источников питания с использованием управляемых полупроводниковых выпрямителей. Показано, что такое устройство является энергосберегающим и позволяет регулировать коэффициент мощности и величину нагрузки генератора.

Ключевые слова: синхронный генератор, резервный источник, устройство нагружения, управляемый выпрямитель, ведомый инвертор.