

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИМПУЛЬСНОЙ СЕЛЕКТИВНОЙ МОДИФИКАЦИИ СРЕДЫ

© 2011 Б.В. Скворцов, М.И. Голикова, Д.И. Скотников

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 20.09.2011

Сущность процесса модификации состоит в том, что в среду посылается энергетический импульс (электромагнитный, оптический или акустический), который в заданной точке пространства должен изменить свойства среды. Импульсом электромагнитного излучения можно разорвать любую связь в любой молекуле и тем самым получить, в частности, практически неограниченный ассортимент свободных радикалов. Рассмотрена схема импульсной селективной модификации сред и объектов, основанная на импульсном зондировании заданной точки несколькими излучателями. Приведена математическая модель распространения импульса, позволяющая определить форму импульса, пришедшего в заданную точку пространства.

Ключевые слова: селективная модификация, схема, импульсное зондирование, разрыв связей.

Импульсное зондирование широко известно и может применяться для исследования свойств сред и объектов [1]. По характеристикам импульса, прошедшего через среду, или отраженного от нее можно судить о свойствах объекта. Импульс любой физической природы (механический, акустический, электромагнитный) есть ступок энергии, которому можно приписать материальную массу. Очевидно, что импульсный сигнал можно применять для модификации объекта. Импульсные сигналы, взаимодействующие с контролируемой средой или объектом неисчерпаемы по своим информационным и технологическим возможностям.

Сущность процесса модификации состоит в том, что в среду посылается энергетический импульс (электромагнитный, оптический или акустический), который в заданной точке пространства должен изменить свойства среды. Ранее показано, что любые изменения свойств среды отражаются в волновом векторе [2], который определяет скорость распространения сигнала, его амплитуду (максимальное значение), местоположение, направленность (покоординатные проекции направленного импульса), форму во времени (амплитудный спектр), полную и удельную энергию (спектральную плотность).

Общая схема селективной модификации приведена на рис. 1. Рассмотрим постановку задачи в самом общем случае, когда в контролирующей системе имеется несколько излучателей. Для контроля процесса модификации схема должна иметь соответствующие датчики. При этом

*Скворцов Борис Владимирович, доктор технических наук, профессор, научный руководитель НИЛ "Аналитические приборы и системы"*

*E-mail: E-mail: aps@ssau.ru.*

*Голикова Маргарита Игоревна, аспирант.*

*Скотников Дмитрий Алексеевич, аспирант.*

будем полагать, что излучатель и приемник находятся на границах исследуемого объекта. Для наглядности изложения будем делать плоскую иллюстрацию, но предполагать трехмерную задачу. Кроме того, считать источник модифицирующих сигналов точечным, с лучевой бесконечно узкой диаграммой направленности. На рис. 1 излучатели  $O_i$ , координаты которых известны  $(x_{0i}, y_{0i}, z_{0i})$  зондируют объект 2 направленными импульсами  $\vec{p}(O_i, t)$ . После прохождения объекта сигналы  $\vec{p}(M_i, t)$  принимаются соответствующими приемниками  $M_i$  с координатами  $(x_p, y_p, z_p)$ .

При этом радиус-вектор каждой пары (излучатель – приемник) определен:

$$\vec{r}_i = \vec{i}(x_i - x_{0i}) + \vec{j}(y_i - y_{0i}) + \vec{k}(z_i - z_{0i}). \quad (1)$$

Координаты центра области модификации заданы  $D(x_D, y_D, z_D)$ .

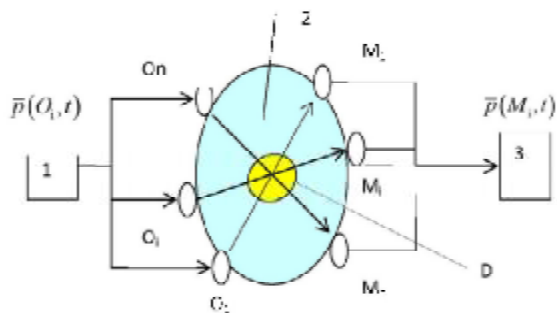
Радиус – вектор центра области модификации относительно каждого излучателя задается выражением:

$$\vec{r}_{i,D} = \vec{i}(x_D - x_{0i}) + \vec{j}(y_D - y_{0i}) + \vec{k}(z_D - z_{0i}), \quad (2)$$

где  $x_D, y_D, z_D$  – координаты центра области модификации.

Отметим, что селективность (точечность) модификации достигается именно тем, что энергетический импульсы от разных излучателей суммируются в нужной точке. Модификация объекта или среды, как правило, связана с изменением структуры молекулы, что возможно только при достижении некоторого порогового значения энергетического импульса.

Суммирование нескольких сигналов позволяет достичь требуемого порога, при этом модификация в других точках, находящихся на пути следования импульса не происходит, в силу недостатка энергии.



**Рис. 1.** Иллюстрация к постановке задачи селективной модификации сред и объектов: 1 – блок генераторов; 2 – исследуемый объект; 3 – устройство обработки;  $O_i$  – излучатели зондирующих импульсов;  $M_i$  – приемники; D – область модификации объекта

Сигнал, пришедший в точку модификации D от каждого  $i$ -го излучателя описывается выражением:

$$\bar{p}_i(D, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \bar{p}_i(O, \tau) e^{j[(t-\tau)\omega - \bar{k}(j\omega)\bar{r}_{i,D}]} d\omega d\tau, \quad (3)$$

$\bar{k}(j\omega) = \bar{k}_1(\omega) + j\bar{k}_2(\omega)$  – волновой вектор среды, действительная часть которого определяет скорость распространения, а мнимая часть – коэффициент поглощения сигнала. Для разных видов сигналов и сред он определен в [2-5].

$$\bar{k}(j\omega) \cdot \bar{r}_{i,D} = (x_D - x_0)k_x(j\omega) + (y_D - y_0)k_y(j\omega) + (z_D - z_0)k_z(j\omega) -$$

скалярное произведение волнового вектора на радиус вектор заданной точки пространства относительно точки излучения,  $\tau$  – формальный параметр интегрирования.

Результирующий сигнал, пришедший в точку модификации D определяется суммированием сигналов (4) по числу излучателей.

Любой объект или среда характеризуется совокупностью параметров  $\{Q_k\} = Q_1, Q_2, \dots, Q_k, \dots, Q_N$ , которые в дальнейшем будем называть *параметрами качества объекта*. Контролируемые параметры будут проявляться в параметрах прошедшего через среду импульса  $\bar{p}(M_i, t)$ , а именно в его амплитуде, скорости, направлении, спектральной плотности, в изменении фронта или формы, времени распространения. Предположим, что каждый зондирующий импульс характеризуется совокупностью параметров

$$\bar{p}(O_i, t) = f_i(q_{01}, q_{02}, \dots, q_{0l}, \dots, q_{0m}). \quad (4)$$

Аналогично прошедший через объект импульс, зафиксированный в точке  $M_i$ , будет характеризоваться совокупностью параметров:

$$\bar{p}(M_i, t) = f_i(q_{M1}, q_{M2}, \dots, q_{Ml}, \dots, q_{Mm}). \quad (5)$$

Здесь и далее будем различать:

$i=1, 2, \dots, n$  – индекс числа излучателей и точек контроля на объекте,

$k = 1, 2, \dots, N$  – индекс числа контролируемых параметров,

$l = 1, 2, \dots, m$  – индекс числа параметров зондирующего импульса.

В общем случае  $n \neq N \neq m$ .

Параметры прошедшего через объект импульса  $\{q_{Ml}\}$  будут зависеть от параметров качества объекта  $\{Q_k\}$ , причем каждый параметр качества, в общем случае будет влиять на каждый параметр импульса, и каждой точке контроля  $M_i$  по-разному. Поэтому можно записать

$$q_{Ml} = \Psi_l(Q_1, Q_2, \dots, Q_k, \dots, Q_N). \quad (6)$$

Эту запись следует понимать следующим образом: параметр  $q_l$  импульса, принятого в точке  $M_i$  контролируемого объекта связан с показателями его качества по формуле (4). Целью нашего исследования является получение зависимости:

$$Q_k = F_k(q_{M1}, q_{M2}, \dots, q_{Ml}, \dots, q_{Mm}), \quad (7)$$

нахождение формулы, связывающей каждый показатель качества объекта с параметрами  $\{q_{Ml}\}$  принятого в точке  $M_i$  сигнала.

Функция (7) определяет алгоритм оценки качества среды или объекта, его диагностирования и модификации. Ее поиск является важнейшей теоретической задачей проекта.

Сущность модификации состоит в том, чтобы направленным импульсным сигналом, достаточным для изменения структуры объекта в заданной точке, изменить его показатели качества. Любая модификация среды связана с изменением структуры молекулы. Импульсом электромагнитного излучения можно разорвать любую связь в любой молекуле и тем самым получить, в частности, практически неограниченный ассортимент свободных радикалов. В нефтепродуктах на каждые 100 эВ поглощенной энергии распадается около 9 молекул, т.е. на разрыв одной связи в среднем расходуется 11 эВ. Для разрыва одной связи C-H в углеводородах требуется 4 эВ (для связи C-C еще меньше). Показано, что только 40% энергии излучения в конечном счете используется на химическое превращение, а 60% рассеивается в веществе и превращается в тепло [6]. Механизм превращений пока изучен недостаточно.

Наиболее типичными процедурами модификации углеводородов является изомеризация, фотоника, молекулярные перегруппировки, радиолиз, которые могут осуществляться методами импульсных технологий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глебович Г.В., Андриянов А.В., Введенский Ю.В. Исследование объектов с помощью пикосекундных импульсов. М. Радио и связь, 1984. 256 с.

2. Гинзбург В.Л. Распространение электромагнитных волн в плазме. М. Наука, 1967, 684 с.
3. Вайнштейн Л.А. Распространение импульсов // Успехи физических наук. 1976. Т. 118. Вып. 2. С. 339 – 369.
4. Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн М. Наука, 1978. 544 с.
5. Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. М. Наука, 1984. 444 с.
6. Браун Д. Спектроскопия органических веществ. М.: Мир, 1992. 180 с.

## STATEMENT OF A PROBLEM OF PULSE SELECTIVE UPDATING OF ENVIRONMENT

© 2011 B.V. Skvortsov, M.I. Golikova, D.A. Skotnikov

Samara State Space University

The essence of process of updating consists that the power impulse (electromagnetic, optical, acoustic) is sent into environment which in the set point of space is sent should change properties of environment. Impulse of electromagnetic radiation it is possible to break any link in any molecule and by that to receive almost unlimited assortment of free radicals. The scheme of pulse selective updating of environments and objects based on pulse sounding of the set point by several radiators is considered. The mathematical model of distribution of an impulse allowing to result to define the form of an impulse of the area which have come to a set point.

Keywords: selective modification of the scheme, pulse sensing, break ties.