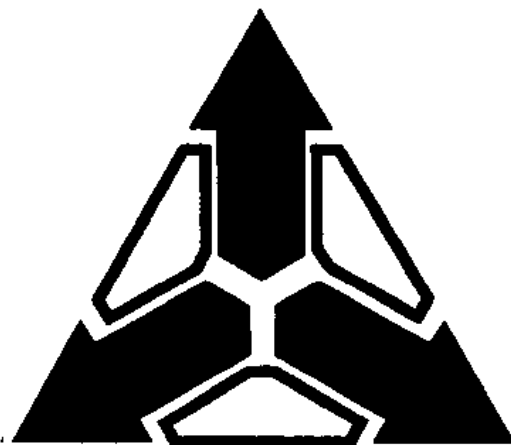


**Міністерство освіти і науки України
Українська технологічна академія
Редакція міжнародного науково-технічного журналу "ВОТТП"
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С.Попова
Білоруський державний університет
інформатики і радіоелектроніки,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Вінницький національний технічний університет
National Instruments
Міжнародне відділення Інституту інженерів
по електротехніці і радіоелектроніці IEEE**



**ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ
(ВОТТП_18_2018)**

Матеріали
XVIII- міжнародної науково-технічної конференції

8 – 13 червня 2018 р. в м. Одеса (Затока)

Одеса 2018

Художнє оформлення обкладинки: д.т.н., проф. І.В. Троцишин

<http://fetronics.ho.com.ua/ntk>

*Рекомендовано до друку рішенням науково-технічної ради
Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова
протокол № 8 від 25 травня 2018 р.*

У збірнику надруковані доповіді та матеріали, які були представлені та заслухані на XVIII-й міжнародній науково-практичній конференції "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", яка відбулася у м. Одеса, 8 – 13 червня 2018 р.

Доповіді та окремі статті подані в авторській редакції зі збереженням стилю викладу та якості підготовки вихідних матеріалів.

Редакційна колегія:

Т.В. Борботько (Білорусія, Мінск); **Бубулис Алгимантас**, (Литва); **Вільям Кей Джі** (Республіка Корея); **Натріашвілі Тамаз Мамієвич**, (Грузія); **М.Н. Гладков** (National Instruments); **В.Б. Дудикевич** (Україна, Львів); **М.П. Дивак** (Україна, Тернопіль); **Жултовський Богдан**, (Польща); **В.Г. Здоренко** (Україна, Київ); **С.М. Злепко** (Україна, Вінниця); **В.Г. Каплун** (Україна, Хмельницький); **В.А. Каптур** (Україна, Одеса); **В.М. Кичак** (Україна, Вінниця); **В.Т. Кондратов** (Україна, Київ); **Є.В.Коробко** (Білорусія); **В.Д. Косенков** (Україна, Хмельницький); **Я.І. Лепіх** (Україна, Одеса); **А.О. Мельник** (Україна, Львів); **Мансуров Тофік Магомедович**, (Азербайджан); **С.В. Павлов** (Україна, Вінниця); **О.М. Петренко** (Англія, Лондон); **С.К.Підченко** (Україна, Хмельницький); **Попов Валентин**, (Німеччина); **О.П. Пунченко** (Україна, Одеса); **В.П. Ройзман** (Україна, Хмельницький); **О.Н. Романюк** (Україна, Вінниця); **В.В. Романюк** (Україна, Хмельницький); **О.П. Ротштейн** (Ізраїль, Єрусалим); **В.П. Тарасенко** (Україна, Київ); **А.В.Толбатов** (Україна, Суми), **Ю.М. Туз** (Україна, Київ); **В.В.Себко** (Україна, Харків); **М.М. Сурду** (Україна, Київ); **П.М. Сопрунюк** (Україна, Львів); **О.П. Стахов** (Канада); **Й.І. Стенцель** (Україна, Северодонецьк); **В.Ю. Цветков** (Білорусія, Мінск); **О.Б. Шарпан** (Україна, Київ); **К.Л. Шевченко** (Україна, Київ),

B47 **Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах: Матеріали XVIII міжнар. наук.-техн. конференції (8-13 червня 2018 р., м. Одеса); Одес. нац. акад. зв'язку ім. О.С. Попова. – Одеса, 2018. – 232 С. (Укр., Рос., Англ.).**

ISBN 978-966-413-625-6

Розглянуті проблеми та аспекти використання вимірювальної та обчислювальної техніки в різних галузях економіки та технологічних процесах.

Розраховано на наукових та інженерних працівників, які спеціалізуються в області вивчення цих задач.

УДК 681.2+004

ISBN 978-966-413-625-6 © Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2018
© Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Україна, 2018

A.A. ASMANKINA, M.G. LORIA, O.B. TSELISHCHEV, A.B. ZHYDKOV. THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL FOR CONTROL AND MANAGEMENT OF AUTONOMOUS APARTMENT ENERGY SUPPLY COMBINED SYSTEMS	67
V. I. CHUMAKOV, O. I. KHARCHENKO. OPERATOR METHOD ANALYSIS OF PULSE-FORMING LINES AND SCREENING	69
O. I. KHARCHENKO. STANDING OUT OF DIGITAL SIGNALS BY MEANS OF NONLINEAR STOCHASTIC FILTRATION	72
О. КАЛЬВАТИНСЬКИЙ, С. ФРИЗ. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИЙМАЛЬНИХ АНТЕН ДЛЯ ПРИЙОМУ СПЕЦІАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ВІД КА ТИПУ SUBSAT В X-ДІАПАЗОНІ	74
В.О.СТРИЖ, М.С. ПРИХОДЬКО, О.В. РЯСНА. ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ	76
С.В. СІДЕНЬ, Р.А. ФОКІН. НИЗЬКО-ПРОФІЛЬНА ШИРОКОСМУГОВА ДИСК-КІЛЬЦЕВА АНТЕНА	78
А.Ф. РОЗВАДОВСКИЙ, М. СПОДОБАЕВ. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ/ЭЛЕКТРОННЫХ СБОРОЧНЫХ УЗЛОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	80
О.І. ПОЛКАРОВСЬКИХ, І.В. ГУЛА. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ФАЗА-АМПЛІТУДА У ЦИФРОВИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИНТЕЗАТОРАХ	83
С.П. КОНОНОВ, М.А. ГРИГОРЕНКО, А.С. ЛУЦИШИН. СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТОТИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА ПАНОРАМНОГО ПРИЛАДУ	86
Г.Г. БОРТНИК, О.Г. БОРТНИК, Р.М. ВІТЕР. ШВИДКОДІЙНИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З ДОДАТКОВИМ КАНАЛОМ ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛУ	88
Г.Г. БОРТНИК, А.В. КОВАЛЕНКО. АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ З ПЕРЕДБАЧЕННЯМ СИГНАЛУ	90
А.Ю. ВОЛОВИК, О.В. ОСАДЧУК, М.А. ШУТИЛО, О.П. ЧЕРВАК. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗАРОЖДАЮЩИХСЯ НЕІСПРАВНОСТЕЙ МЕТОДОМ РАЗДЕЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ	92
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ	
O.V. ANDRIEIEVA. HYBRID OPTIONS IN THE CONSTRUCTION OF SECURITY SYSTEMS AND THE IMPLEMENTATION OF THE DIGITAL HOME FUNCTIONS	95
В.О. ВОЙТЕНКО, В.І. ПАНЧЕНКО. ПРОЕКТУВАННЯ ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ СИСТЕМНОЇ РОБОТИ З ФАЙЛАМИ БАЗ ДАНИХ	97
А.В. РУДИК, В.А. РУДИК. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ШТУЧНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ПРИЛАДОВОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО РОБОТА	99
О.И. КОВТУН, О.А. ЛЕЩЕНКО, К.К. ДУХНОВСКАЯ. ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	102
Р.В. ТРЕМБОВЕЦЬКА, В.Я. ГАЛЬЧЕНКО, В.В. ТИЧКОВ. МЕТАМОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ ВИХРОСТРУМОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З АПІОРИ ВИЗНАЧЕНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	105
О.Ю. ОЛЕЙНИК, Ю.К. ТАРАНЕНКО. ПРОГРАМНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ФИЛЬТР КАЛМАНА ДЛЯ ПОДАВЛЕНИЯ ШУМОВ С НОРМАЛЬНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ	108
К.Г. КИРКОПУЛО. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ УСТАНОВКИ	110
К.М. ФЛОНЕНКО, О.О. ФОМІН. ПОБУДОВА ПРОСТОРУ ІНФОРМАТИВНИХ ОЗНАК ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ У ВНЗ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	113
БІОМЕДИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ	
SERGIY PAVLOV , SERGIY ZLEPKO , W WÓJCIK ALDEMAR , ANATOLIY KOROBV , OLEG AVRUNIN , OLEG VLASENKO DEVELOPMENT OF THE INTERNATIONAL MEDICAL RESEARCH CENTER ON THE ESTIMATION OF THE STATE OF HUMAN HEALTH AND ITS REJUVENATION	116
О.В. БОЙКО, К.І. ІЛЬКАНИЧ, С.В. РІЗНИЧОК, В.Ю. МАЙХЕР. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ AS4U ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ВЕБ-РЕСУРСУ ФАХОВОГО МЕДИЧНОГО ПЕРІОДИЧНОГО ВИДАННЯ	120

OPERATOR METHOD ANALYSIS OF PULSE-FORMING LINES AND SCREENING

Annotation – In this paper the results of the operator method application to the analysis of processes in the pulse-forming lines and the process of the electromagnetic field screening are presented. The model is considered as a system of Laplace transformed telegrapher's equations and examples of its solution by the Fourier method and the method of traveling waves (d'Alembert method) are given. Wide perspectives of the operator method has for solving problems of analysis of transient in linear devices and systems. The advantages of the operator method are shown, which makes it possible to simplify the analysis. It is shown also that the initial conditions of the problem are taken into account automatically. Examples of the solution of the charging problem of the forming line from the DC voltage source are considered and a comparative analysis of the results obtained by both methods is carried out. It is shown that the solution by the Fourier method allows obtaining an expression for the voltage in the line in the form of a spectral function and may be used at the frequency domain analysis. It was thus obtained that, when the line is charged, the expansion of the function in a series contains only odd harmonics. The solution is given by the d'Alembert method in the form of traveling waves. This result may be used for the time domain analysis. The overlapping of traveling waves leads to overvoltage in the line and the possibility of breakdown of dielectrics between the busducts. An example is given of calculating the screening gate, in which the action of the screen is simulated using a line with distributed parameters. Distribution of electric fields is considered. Lattice diagram of the waves is shown to allow explaining process of forming interference pattern in media around the screen and into the screen.

Keywords: telegrapher equations, formation line, screening gate.

V. I. ЧУМАКОВ, О. І. ХАРЧЕНКО

Харківський національний університет радіоелектроніки
v.i.ch@mail.ru

ОПЕРАТОРНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ ФОРМУВАННЯ ІМПУЛЬСІВ В ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ЛІНІЯХ ТА ПРОЦЕСУ ЕКРАНУВАННЯ

Анотація - Наведено результати застосування операторного методу до аналізу процесів в формуючих лініях та процесу екранування електромагнітного поля. Розглянуто модель у вигляді системи телеграфічних рівнянь та дано приклади її розв'язання методом Фур'є та методом блукаючих хвиль. Проведено порівняльний аналіз розв'язання задачі заряду лінії від джерела сталої напруги і показано переваги операторного методу, що дозволяє спростити аналіз.

Ключові слова: телеграфні рівняння, формуюча лінія, коефіцієнт екранування.

The mathematical model of processes in linear radioengineering systems and electrodynamic structures is, as a rule, a system of differential equations. Its analysis with the help of the operator method makes it possible to simplify the problem considerably. Thus, in the case of partial differential equations, the operator method makes it possible to go over to ordinary differential equations, whose solution is much easier to find [1-3].

The model of processes in the forming lines is a system of telegrapher equations whose operator form for a lossless line is written as [4]

$$-\frac{dU}{dx} = pLI - Li(0), \quad (1a)$$

$$-\frac{dI}{dx} = pCU - Cu(0). \quad (1b)$$

where, U , I – Laplace images of voltage and current in the line, L , C – linear inductance and linear capacitance, $u(0)$, $i(0)$ – initial values of voltage and current in the line. We note immediately the important advantage of the operator method: the initial conditions of the problem are taken into account automatically when changing over from the voltage and current originals to the images. The system of equations (1) can be reduced to the operator analog of the wave equation for the voltage

$$\frac{d^2U}{dx^2} - \gamma^2 U = 0, \quad (2)$$

the general solution of which can be written in the form

$$U = A \operatorname{ch} \gamma x + B \operatorname{sh} \gamma x. \quad (3)$$

Here A and B are constants of integration, the values of which are determined by the boundary conditions, $\gamma = p\sqrt{LC}$ – is the operator propagation constant. Further, the solution is carried out by various methods, among which we single out the classical method (the Fourier method) and the method of traveling waves (d'Alembert method) [5].

In the first case, the voltage image is reduced to the ratio of the two functions

$$U = \frac{U_0}{p} \frac{\operatorname{ch} \gamma(l-x)}{\operatorname{ch} \gamma l}, \quad (4)$$

and the original of voltage is calculated using the decomposition theorem [3,4]. The calculation of the roots of the denominator function (4) is the most difficult. In a lossless line, the voltage distribution is an interference pattern of the incident wave on the input of the line and the reflected waves from the end of the line and the input terminals (in the case of a mismatched load). It is shown, for example, that in the idling mode when a constant voltage U_0 is forced on the input, the voltage in an arbitrary section x of a line of length l is obtained as a Fourier series expansion of two sequences of rectangular pulses of opposite polarity with duration $\tau = 2x\sqrt{LC}$, frequency $\omega_1 = 2\pi/4l\sqrt{LC}$ and duty cycle $q = T/\tau = 4l\sqrt{LC}/2x\sqrt{LC} = 2l/x$, which oscillate with respect to a constant component U_0 (fig. 1):

$$u(t, x) = \left[U_0 + \frac{2}{q} \sum_{n=0}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + \pi) + \sum_{n=0}^{\infty} A_n \cos(n\omega_1 t + n\pi) \right]. \quad (5)$$

The expansion coefficients are expressed by the formula [6], where the series contains only odd harmonics:

$$A_n = U_0 \frac{\sin \left[(2n+1) \frac{\pi x}{2l} \right]}{(2n+1) \frac{\pi x}{2l}} = U_0 \operatorname{sinc} \left[(2n+1) \frac{\pi x}{2l} \right].$$

The same problem solved by d'Alembert method is shown to give the voltage image in form

$$U = \frac{U_0}{p} \left[e^{-\gamma x} + e^{-\gamma(2l-x)} - e^{-\gamma(2l+x)} - e^{-\gamma(4l-x)} \right],$$

from which the traveling waves solution may be obtained:

$$u(t, x) = U_0 \left[1 \left(t - \frac{x}{V} \right) + 1 \left(t - \frac{2l-x}{V} \right) - 1 \left(t - \frac{2l+x}{V} \right) - 1 \left(t - \frac{4l-x}{V} \right) + \dots \right], \quad (6)$$

where $1(\cdot)$ is the Heaviside function. It is obvious that the time diagram of expression (6) coincides with Fig. 1. It should be noted that for $U_0 = 1$ the obtained solution is a transient characteristic of the line and it may be used for the calculation of processes in line by the Duhamel integral. As it may be seen on fig. 1 maximal voltage in the line arises to $2U_0$.

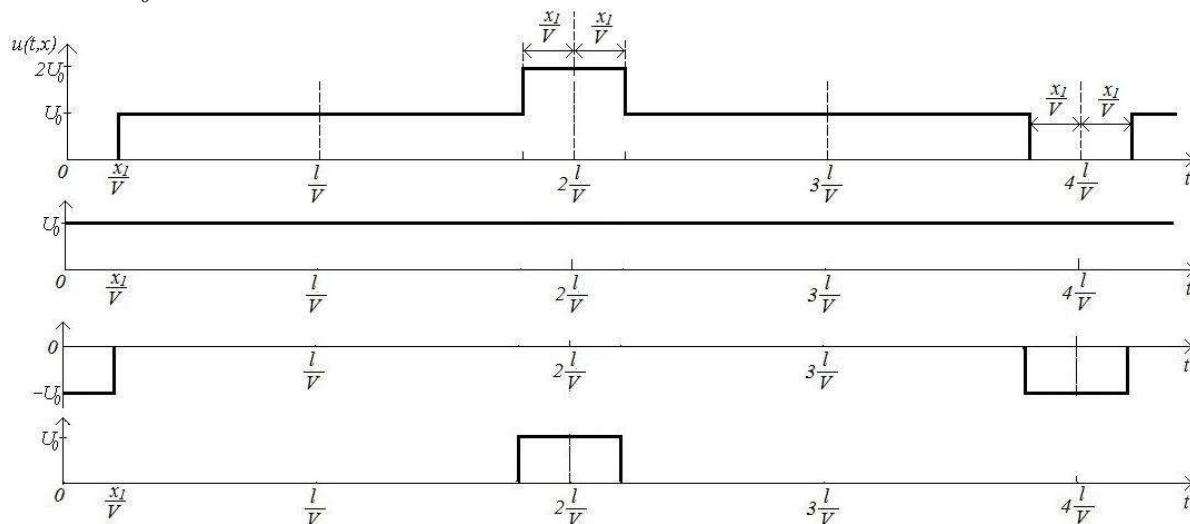


Fig. 1. Formation of the time-domain voltage diagram in the breaking line

The operator method can also be used in analyzing the effect of shielding the electromagnetic field [7]. A clear interpretation of the process can be obtained with the aid of a lattice diagram (Fig. 2) [4]. Here, the wave with the electric field strength E_0 falls from the region of space **I** to the conducting screen **II** at an angle α . In this case, the wave is partially reflected, partially penetrates the screen, where partial absorption takes place, secondary reflection from the screen boundaries and partial passage into the region of space **III**. The screening gate is expressed by the ratio of the field strengths in regions **III** and **I**

$$S = E_{III} / E_I$$

Solving the system of telegraph equations for the line interpreting region **II** by the d'Alembert method [5], it can be shown that the field in region **I** is a superposition of the incident wave E_0 propagating in the direction of positive x , reflected wave E_2 , and refracted waves E_{2+4n} :

$$E_I = E_0 \left[1 - \left(r_{12} + q_{21} r_{21} q_{12} e^{-2\gamma h} + r_{21}^3 q_{21} q_{12} e^{-4\gamma h} + \dots \right) \right].$$

In region **III**, superposition of refracted waves transmitted through the screen takes place

$$E_I = E_{4n} = E_0 \left(q_{12} q_{21} e^{-\gamma h} + r_{21}^2 q_{12} q_{21} e^{-3\gamma h} + \dots \right)$$

If medium **I** and **II** is a dielectric (for example, an air) with parameters μ_1 and ε_1 , then the process can be represented as the inclusion of a function E_0 in a line with losses (Fig. 3), the parameters of which are equal to μ_2 and σ_2 . An ideal line of infinite length with parameters μ_1 and ε_1 , is connected to this line. Taking into account the coefficients of reflection and refraction between regions

$$r_{12} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}, \quad r_{21} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_2 + Z_1}, \quad q_{12} = 1 - r_{12} = \frac{2Z_1}{Z_2 + Z_1}, \quad q_{21} = 1 - r_{21} = \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1}.$$

the screening gate is expressed by the formula

$$S = \frac{1}{\operatorname{ch} \gamma h + \frac{1}{2} \left(\frac{Z_1}{Z_2} + \frac{Z_2}{Z_1} \right) \operatorname{sh} \gamma h}, \quad (7)$$

where μ_1 and ε_1 – is the operator field propagation constant in the screen, Z_1 and Z_2 – are the wave impedances of the dielectric and screen regions, respectively.

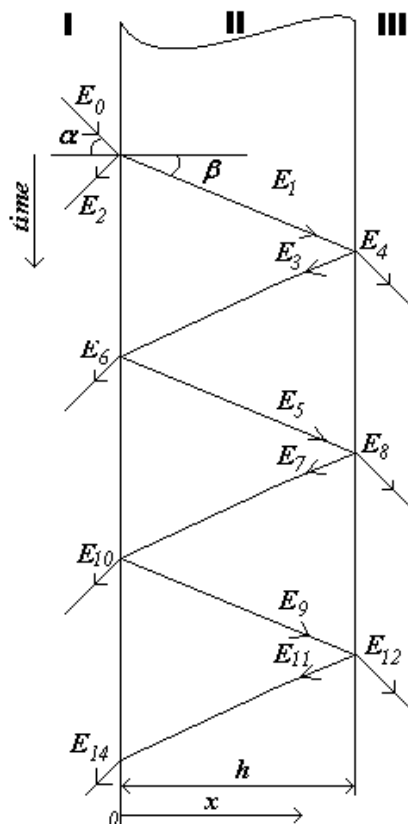


Fig.2. Lattice diagram of the traveling waves in screen

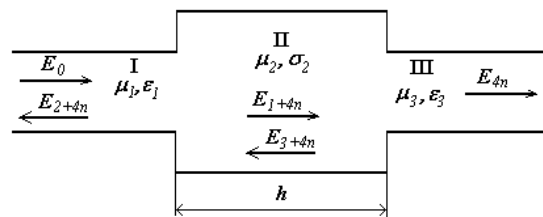


Fig. 3. Formatting line model of the scree

Thus, the process of field formation in various regions of space and in the screen is an interference pattern of traveling waves formed by reflections and refractions of the field in the screen.

References

1. Zernov N.V., Karpov V.G. Theory of Radioengineering Circuits. – Energia, Leningrad Department, 1972. – 816 p. (in Russian).
2. Zeveke G.V., Ionkin P.A. Basis of the Ceircuit Theory. – M.: Energia, 1975. – 752 p. (in Russian).
3. Shostak R.Ya. Operational Calculus Short course. – M.: Vysh. shkola. – 1972. – 280 p. (in Russian).
4. P. W Smith. Transient Electronics: Pulsed Circuit Technology 1st Edition, Wiley, 2002. – 288 p.
5. Kontorovitch M.I. Operational Calculus and Processes in Radioengineering Circuits. – M.: Nauka, 1964. – 328 p. (in Russian).
6. Voloshchuk Yu. I. Signals and Processes in Radioengineering. Pidruchnik dla studentiv vishch. navch. zakladiv. Kharkiv: TOV "Company CMIT", Vol.1, 580 p, (2003).(in Ukrainian).
7. Kalikhman L.E. Methods of Electromagnetic Screens Calculation. Vysokovotnaya impulsnaia tehnika. Mezhvuzovskii sbornik. – Cheboksary. 1980. – pp. 33-44. (in Russian).