

ISSN 2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

**3.2015**

---

# ВІСНИК

**Хмельницького  
національного  
університету**

Технічні науки  
Technical sciences

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2015, Issue 3, Volume 225

Хмельницький

**ВІСНИК  
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання  
Наказ МОН 04.07.2014 №793

*Засновано в липні 1997 р.*

*Виходить 6 разів на рік*

---

**Хмельницький, 2015, № 3 (225)**

---

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет**  
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)

Включено до наукометричних баз:

<b>РИНЦ</b>	<a href="http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37650">http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37650</a>
<b>Google Scholar</b>	<a href="http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&amp;user=aIUP9OYAAAAJ">http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&amp;user=aIUP9OYAAAAJ</a>
<b>Index Copernicus</b>	<a href="http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&amp;id_lang=3">http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&amp;id_lang=3</a>
<b>Polish Scholarly Bibliography</b>	<a href="https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221">https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221</a>

**Головний редактор**

**Скиба М. Є.**, заслужений працівник народної освіти України,  
член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України,  
д.т.н., професор, ректор Хмельницького національного університету

**Заступник головного редактора**

**Параска Г. Б.**, д.т.н., професор, проректор з наукової роботи  
Хмельницького національного університету

**Відповідальний секретар**

**Гуляєва В. О.**, завідувач відділом інтелектуальної власності і  
трансферу технологій Хмельницького національного університету

**Ч л е н и р е д к о л е г і ї**

*Технічні науки*

Березненко М.П., д.т.н., Бубулис Алгимантас, д.т.н. (Литва), Гордєєв А.І., д.т.н., Грабко В.В., д.т.н., Диха О.В., д.т.н., Жултовський Б., д.т.н. (Польща), Зубков А.М., д.т.н., Камбург В.Г., д.т.н. (Росія), Каплун В.Г., д.т.н., Карван С.А., д.т.н., Карташов В.М., д.т.н., Кичак В.М., д.т.н., Кіницький Я.Т., д.т.н., Коновал В.П., д.т.н., Коробко Є.В., д.т.н. (Білорусія), Костоґриз С.Г., д.т.н., Кофанов Ю.М., д.т.н. (Росія), Мазур М.П., д.т.н., Мандзюк І.А., д.т.н., Мельничук П.П., д.т.н., Мясіщев О.А., д.т.н., Натріашвілі Т.М., д.т.н. (Грузія), Нелін Є.А., д.т.н., Павлов С.В., д.т.н., Пастух І.М., д.т.н., Поморова О.В., д.т.н., Пановко Г.Я., д.т.н. (Росія), Попов В., доктор природничих наук (Німеччина), Прохорова І.А., д.т.н., Рогатинський Р.М., д.т.н., Ройзман В.П., д.т.н., Рудницький В.Б., д.фіз.-мат.н., Сарібеков Г.С., д.т.н., Сілін Р.І., д.т.н., Славінська А.Л., д.т.н., Сорокатиї Р.В., д.т.н., Сурженко Є.Я., д.т.н. (Росія), Троцишин І.В., д.т.н., Шалапко Ю.І., д.т.н., Шинкарук О.М., д.т.н., Шклярський В.І., д.т.н., Щербань Ю.Ю., д.т.н., Юрков М.К., д.т.н. (Росія), Ясній П.В., д.т.н.

*Технічний редактор*

Горященко К. Л., к.т.н.

*Редактор-коректор*

Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол № 11 від 27.05.2015 р.**

**Адреса редакції:** редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"  
Хмельницький національний університет  
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

(	(038-22) 2-51-08	web:	<a href="http://journals.khnu.km.ua/vestnik">http://journals.khnu.km.ua/vestnik</a>
e-mail:	<a href="mailto:visnyk_khnu@rambler.ru">visnyk_khnu@rambler.ru</a>		<a href="http://vestnik.ho.com.ua">http://vestnik.ho.com.ua</a>
			<a href="http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm">http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm</a>

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.  
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 9722 від 29 березня 2005 року

© Хмельницький національний університет, 2015  
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2015

## ЗМІСТ

**МАШИНОЗНАВСТВО ТА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ В МАШИНОБУДУВАННІ**

<b>В.В. КОВТУН, О.А. ДОРОФЄЄВ</b> ВИКОРИСТАННЯ АПАРАТУ ТЕОРІЇ ПЛАСТИЧНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО- ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДИСКРЕТНОГО СЕРЕДОВИЩА .....	6
<b>О.І. НЕКОЗ, В.І. ОСИПЕНКО, Н.В. ФІЛІМОНОВА, О.В. БАТРАЧЕНКО</b> ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПІР РІЗАЛЬНОГО ВУЗЛА ВОВЧКІВ .....	13
<b>Я.Т. КІНИЦЬКИЙ, О.В. ГОЛОВКО, М.В. МАРЧЕНКО</b> ВИКОРИСТАННЯ ШАТУННИХ КРИВИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДВОКРИВОШИПНИХ ВАЖІЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ З РЕГУЛЬОВАНОЮ АМПЛІТУДОЮ КОЛИВАННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ВИХІДНОЇ ЛАНКИ .....	19
<b>Г.М. СОКОЛОВА</b> ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ АЗОТОВАНИХ СТАЛЕЙ МЕТОДАМИ ГЕОМЕТРІЇ БАГАТОВИМІРНОГО ПРОСТОРУ .....	22
<b>Ю.Б. ЛИУШ</b> ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОМЬШЛЕННОГО ЕКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В КАМЕРЕ .....	27
<b>В.Ю. ЩЕРБАНЬ, М.І. ШОЛУДЬКО, О.З. КОЛИСКО, В.Ю. КАЛАШНИК</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ НИТКИ З НАПРЯМНИМИ З УРАХУВАННЯМ АНІЗОТРОПІЇ ФРИКЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ .....	30
<b>В.О. ХАРЖЕВСЬКИЙ</b> МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВИХ ТОЧОК ЧЕБИШЕВА ДЛЯ СИНТЕЗУ ВАЖІЛЬНИХ ПРЯМОЛІНІЙНО-НАПРЯМНИХ МЕХАНІЗМІВ .....	34
<b>Г.С. РАТУШНЯК, І.А. КОЩЕЄВ</b> ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СКЛАДОВИХ МОДЕЛІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БІОРЕАКТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ .....	41
<b>В.А. ТОЛБАТОВ, О.А. ДОБРОРОДНОВ, А.В. ТОЛБАТОВ, О.Б. В'ЮНЕНКО</b> ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАХИСТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ВІД ВІДМОВ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ .....	46
<b>Г.В. ЩУЦЬКА</b> ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ЛИСТОВИМИ МАТЕРІАЛАМИ .....	51
<b>П.А. БАРАБАШ, Я.Е. ТРОКОЗ, В.Я. ГОРИН, В.В. ГОРИН</b> МЕТОДИКА РАСЧЕТА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООТДАЧИ ПОТОКА ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТРУБАХ С ПРОДОЛЬНЫМ ОРЕБРЕНИЕМ .....	56
<b>Е.А. МАНЗЮК, П.Г. КАПУСТЕНСЬКИЙ</b> ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РОТАЦІЙНИХ ЧОВНИКОВИХ КОМПЛЕКТІВ НА БАЗІ КОНСТРУКЦІЙНИХ РІШЕНЬ .....	63

**ТЕХНОЛОГІЇ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

<b>І.С. ГАЛИК, Б.Д. СЕМАК</b> СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ФОРМУВАННЯ АСОРТИМЕНТУ НАНОТЕКСТИЛЮ .....	73
<b>С.А. КАРВАН, А.Я. ГАНЗЮК</b> СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ АНТИСТАТИЧНОЇ ОБРОБКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	77

<b>Л.С. ГАЛАВСЬКА</b> ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗТЯЖНОСТІ ТА ЗАКРУЧУВАНOSTІ ПОДВІЙНОГО НЕПОВНОГО ТРИКОТАЖУ .....	80
<b>Н.П. ЛЯЛІНА</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОДНОДОМНИХ І ДВОДОМНИХ КОНОПЕЛЬ .....	86
<b>О.З. МИКИТИН</b> ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ БЕЗПЕЧНОСТІ М'ЯКОНАБИВНИХ ІГРАШОК ВИМОГАМ ТЕХНІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ .....	89
<b>М.В. ПАСЕЧНИК</b> ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ СДВИГА НА ВЯЗКОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА .....	96
<b>О.В. СКІДАН, Т.А. НАДОПТА, І.М. ПАСТУХ</b> ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ РОЗМІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОП ДІТЕЙ-ШКОЛЯРІВ .....	101
<b>О.А. ПАРАСКА, С.А. КАРВАН, Т.С. РАК</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН .....	107
<b>М.О. КУЩЕВСЬКИЙ, Ю.В. КОШЕВКО</b> КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОВІДЦЕНТРОВОГО СПОСОБУ ФОРМУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ГОЛОВНИХ УБОРІВ .....	112
<b>РАДІОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ</b>	
<b>Н.А. ФИЛИНЮК, Л.Б. ЛИЩИНСКАЯ, Е.В. ВОЙЦЕХОВСКАЯ, В.П. СТАХОВ</b> МОНОИМИТАНСНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ RLC-ЭЛЕМЕНТЫ .....	117
<b>В.В. ПАЛАГІН</b> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ВІЯВЛЕННЯ СИГНАЛІВ ПРИ АДИТИВНО- МУЛЬТИПЛІКАТИВНИХ АСИМЕТРИЧНО-ЕКСЦЕСНИХ НЕГАУСОВИХ ЗАВАДАХ .....	123
<b>А.В. КРАСІЙ</b> НЕЙРОМЕРЕЖНИЙ МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ОЦІНЮВАННЯ УСПІШНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО ПРОЕКТУ .....	132
<b>С.І. МЕЛЬНИЧУК, М.В. КОРОПЕЦЬКА, І.З. МАНУЛЯК</b> ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ОБЧИСЛЕННЯ ОЦІНОК ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЕНТРОПІЇ ВИПАДКОВИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЦИФРОВИХ ЗАСОБІВ ОБМІНУ ДАНИМИ .....	141
<b>К.С. ДЄСВ, Ю.В. БОЙКО</b> АНАЛІЗ МЕТРИК ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ХАРАКТЕРИСТИК ІР ВЗАЄМОДІЇ .....	149
<b>С.М. БАБІЙ, О.Л. ТИМОШЕНКО</b> ПРИСТРІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ АНАЛОГОВИХ КЕРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЕЛЕКТРОПРИВОДА НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА LOGO .....	155
<b>Л.О. ДУБЧАК</b> ЗАСІБ РОЗПОДІЛУ ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ .....	160
<b>Н.М. ВАСИЛЬКІВ</b> НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ ЯК ЗАСІБ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРИ ОБРОБЛЕННІ СИГНАЛІВ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ .....	165
<b>Ю.М. ТЕСЛЯ, Є.Є. ШАБАЛА</b> ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ ПРИРОДОМОВНОГО ТЕКСТУ БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕМАТИКИ .....	172

---

<b>Я.В. КОРПАНЬ</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА АЛГОРИТМІВ КОМПРЕСІЇ-ДЕКОМПРЕСІЇ ЦИФРОВИХ ВІДЕОДАНИХ .....	175
<b>Й.Й. БІЛИНСЬКИЙ, Б.П. КНИШ, М.О. СТАСЮК</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ СКРАПЛЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ .....	180
<b>О.Є. РУБАНЕНКО, В.А. МАТВІЙЧУК, О.О. РУБАНЕНКО</b> ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДІЛЯНКИ ІЗ ЗНИЖЕНИМ ОПОРОМ ІЗОЛЯЦІЇ МЕРЕЖІ ОПЕРАТИВНОГО ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРО-НЕЧІТКОГО МОДЕЛЮВАННЯ .....	187
<b>О.Є. РУБАНЕНКО, Ю.Г. ВЕДМІЦЬКИЙ, С.В. МИСЕНКО</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕГАЗОВИХ ВИМИКАЧІВ .....	195
<b>В.Г. ПЕТРУК, О.Є. КВАТЕРНЮК, Ю.С. ЛЮБЧАК, С.М. КВАТЕРНЮК</b> РОЗВИТОК МЕТОДУ ЦИФРОВОЇ КОЛОРИМЕТРІЇ БІОТКАНИН ТА АЛГОРИТМ ОПРАЦЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ .....	198
<b>Т.Б. МАРТИНЮК, А.В. КОЖЕМ'ЯКО, Л.М. КУПЕРШТЕЙН</b> ВЛАСТИВОСТІ МАТРИЦІ ЕЛЕМЕНТІВ ДИСКРИМІНАНТНИХ ФУНКЦІЙ .....	202
<b>Д.А. МАКАРИШКІН, І.О. ПЕШКОВА, О. С. ШИМКОВ, Р.П. ГЛАДСЬКИЙ</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДВОАКТНОГО ТВЕРДОТІЛОГО МОДУЛЯТОРА .....	205
<b>В.В. ІВАНОВА, А.О. КИЯНИЦЯ, С.В. КОЛОБРОДОВ</b> ДАЛЬНІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОВІЗОРОМ НА ПРОЕЛЕКТРИЧНІЙ МАТРИЦІ .....	214
<b>В.І. ЛУЖАНСЬКИЙ, Л.В. КАРПОВА, С.О. СТЕПАНОВ</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИСПЕРСІЇ ТА НЕЛІНІЙНИХ ЕФЕКТІВ НА ПРОПУСКНУ ЗДАТНІСТЬ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ СИСТЕМ .....	218
<b>В.Д. КОСЕНКОВ, Д.А. ІВЛЕВ, А.В. ЯКОВЛЕВ</b> ОГРАНИЧЕНИЕ РЕАКЦИИ ЯКОРЯ В МАШИНАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА ИНДУКТОРНОГО ТИПА .....	224
<b>А.О. ІГНАТОВИЧ</b> КРИТЕРІЙ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ БЛОКОВИХ ШИФРІВ .....	228
<b>В.Р. ЛЮБЧИК, В.І. СТЕЦЮК, І.В. ФАЙФУРА</b> АНАЛІЗ І ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ СИНХРОНІЗАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ .....	232
<b>В.П. ХОРОЛЬСЬКИЙ, М.І. ШПАНЬКО</b> ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ САМООРГАНІЗУЮЧИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ГОЛОВНИХ ВОДОВІДЛИВНИХ УСТАНОВОК ШАХТ .....	238
<b>V.V. ROMANUK</b> MATLAB GPUARRAY METHOD OPTIMAL USE FOR SQUARE MATRIX PRODUCT .....	243

УДК 621.396.6

Н.А. ФИЛИНЮК, Л.Б. ЛИЩИНСКАЯ, Е.В. ВОЙЦЕХОВСКАЯ, В.П. СТАХОВ

Винницкий национальный технический университет

**МОНОИММИТАНСНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ RLC-ЭЛЕМЕНТЫ**

*Обоснованы принципы построения моноиммитансных логических RLC-элементов. Разработаны электрические принципиальные схемы и дана аналитическая оценка быстродействия и потребляемой мощности моноиммитансных логических R-элементов «НЕ», «ИЛИ», «И».*

*Ключевые слова: логический элемент, иммитанс, иммитансный логический уровень.*

N. A. FILINYUK, L.B. LISHCHYNSKAYA, O.V. VOYCEKHOVSKA, V. P. STAKHOV

Vinnitsia National Technical University

**MONOIMMITTANCE LOGIC R-ELEMENTS**

*Abstract - The aim of the work is development and researching of monoimittance logical RLC-elements.*

*The possibility of processing of the information on carrier frequency of a signal, without its transformation to video pulse signals can be solved with using of imittance logic elements. As information parameter in imittance logic elements uses combinations of resistive, inductive and capacitor imittance. Such logic elements are imittance elements. Absence of researches for their realization and estimation of parameters defines relevance of the presented work.*

*The general principles of monoimittance logic elements and the design of schemes monoimittance logic elements using the resistance to implement logic functions "NOT", "AND" and "OR" are presented in the given article.*

*Keywords: logic gate, imittance, imittance logic level.*

**Введение**

Современная вычислительная техника использует для передачи и обработки информации видеоимпульсные сигналы [1]. Одновременно, но в значительно меньшей степени, для передачи и обработки информации находят применение оптические [2], акустические [3], гидравлические [4], радиочастотные [5] и другие сигналы. В этих специфических случаях выбор вида сигнала определяется или физической природой обрабатываемого параметра, или улучшением каких либо параметров информационной системы. Например, улучшение помехозащищенности или повышение быстродействия за счет использования оптических сигналов [2]. Проигрывая по большинству показателей системам, использующим видеоимпульсные сигналы, тем не менее такие специфические логические элементы находят применение в специализированных системах, не требующих обработки больших объемов информации и решающих, например, задачи обработки информации на несущей частоте сигнала, без преобразования ее в видеоимпульсные сигналы. Такие задачи могут быть решены с использованием радиочастотных иммитансных логических элементов [6]. В качестве информационного параметра в иммитансных логических элементах используются комбинации резистивного, индуктивного и ёмкостного иммитансов и их можно рассматривать, как мультииммитансные логические элементы. Для практического использования более предпочтительны логические элементы, использующие один информационный параметр, например, только активное сопротивление – (R-элемент), ёмкостной иммитанс –  $X_C$  (C-элемент) или индуктивный иммитанс –  $X_L$  (L-элемент). Назовём такие логические элементы моноиммитансными элементами. Отсутствие исследований по их реализации и оценке параметров определяет актуальность представленной работы.

Целью работы является разработка и исследование моноиммитансных логических RLC-элементов.

Задачи исследований:

1. Обоснование принципов построения моноиммитансных логических элементов;
2. Разработка схем моноиммитансных логических элементов.
3. Оценка основных параметров.

**Обоснование принципов построения моноиммитансных логических элементов**

Логический уровень видеоимпульсного логического элемента определяется диапазоном значений напряжений или токов. Кроме напряжения и тока, состояние электрической цепи на переменном токе можно охарактеризовать дифференциальным активным  $R$ , ёмкостным  $X_C$  и индуктивным  $X_L$  сопротивлениями. Следовательно, логические состояния схемы можно характеризовать диапазоном значений этих параметров.

Например, логической единице – «1» соответствует диапазон изменения  $R^{(1)} > R_0$ , а логическому нулю – «0», соответствует диапазон изменения  $R^{(0)} < R_0$  (моноиммитансный логический R-элемент), где  $R_0$  – резистивная граница логического уровня. Аналогично: для ёмкостного сопротивления: «1»  $\equiv X_C^{(1)} > X_{C0}$ ;

$\langle 0 \rangle \equiv X_C^{(0)} < X_{C0}$  (моноиммитансный логический C-элемент); для индуктивного сопротивления:  
 $\langle 1 \rangle \equiv X_L^{(1)} > X_{L0}$ ;  $\langle 0 \rangle \equiv X_L^{(0)} < X_{L0}$  (моноиммитансный логический L-элемент).

С учетом данных определений, таблицы истинности моноиммитансных логических элементов, реализующих основные логические функции, можно представить в виде таблиц истинности (рис. 1, 2 и 3):

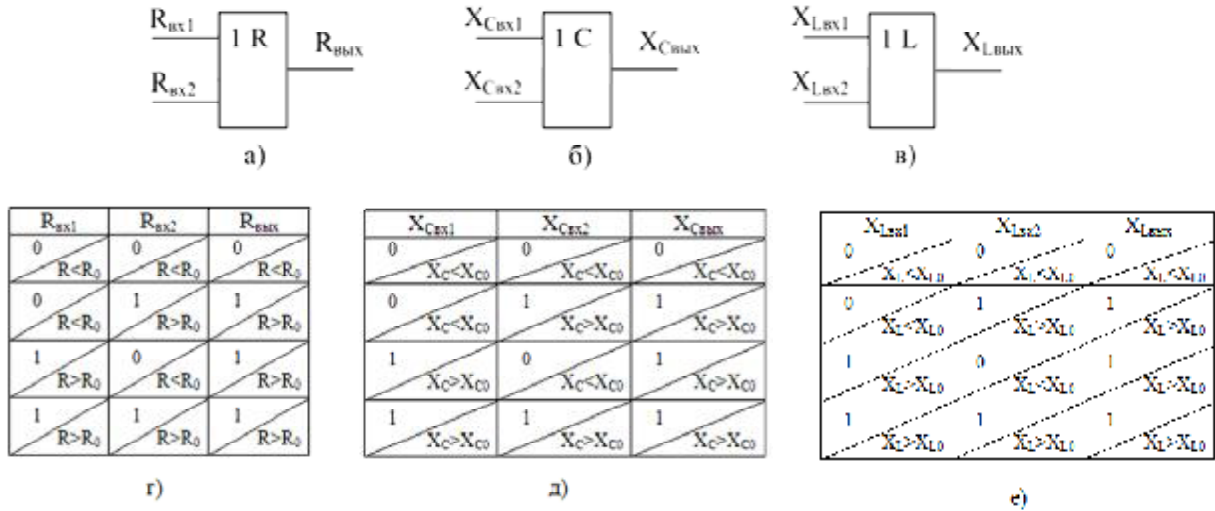


Рис. 1. Обозначение (а,б,в) и соответствующие таблицы истинности (г,д,е) моноиммитансных логических элементов "ИЛИ"

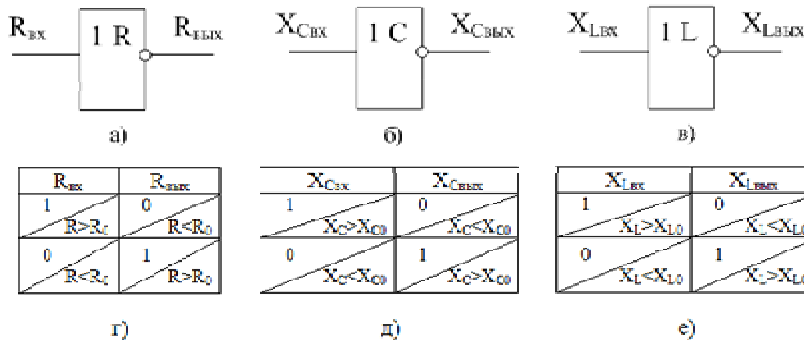


Рис. 2. Обозначение (а,б,в) и соответствующие таблицы истинности (г,д,е) моноиммитансных логических R-элементов "НЕ"

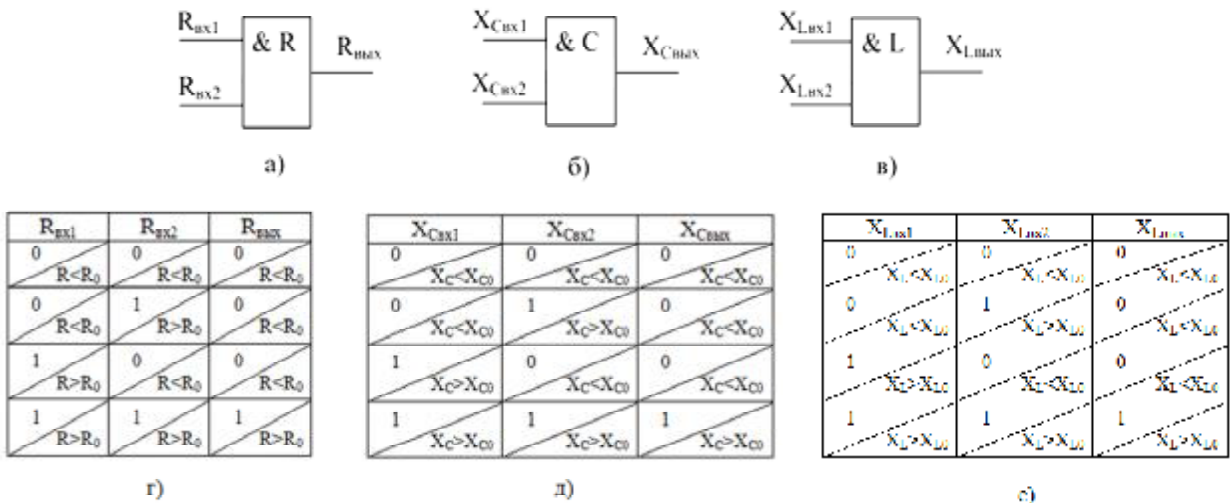


Рис. 3. Обозначение (а,б,в) и соответствующие таблицы истинности (г,д,е) моноиммитансных логических элементов "И"

Как и с видеоимпульсными логическими элементами, также возможно построение моноиммитансных логических  $R$ ,  $L$ ,  $C$  - элементов, реализующих «отрицательную логику»:  
 $\langle 1 \rangle \equiv R^{(1)} < R_0$ ,  $\langle 0 \rangle \equiv R^{(0)} > R_0$ ,  $\langle 1 \rangle \equiv X_C^{(1)} < X_{C0}$ ,  $\langle 0 \rangle \equiv X_C^{(0)} > X_{C0}$ ,  $\langle 1 \rangle \equiv X_L^{(1)} < X_{L0}$ ,  $\langle 0 \rangle \equiv X_L^{(0)} > X_{L0}$ .

Учитывая ограниченный объём статьи, на данном этапе ограничимся разработкой и исследованием только моноиммитансных R-элементов.

**Разработка схем моноиммитансных логических R-элементов**

В качестве простейшего моноиммитансного логического R-элемента «HE» возможно использование свойства четвертьволнового отрезка линии передачи, реализующего «четвертьволновый трансформатор» (рис. 4) [7].

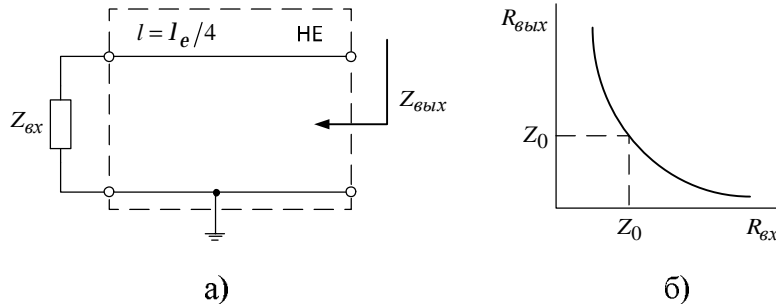


Рис. 4. "Четвертьволновый трансформатор" (а), реализующий моноиммитансный логический R-элемент "HE", и его передаточная характеристика (б)

Выходное сопротивление такого отрезка линии передачи зависит от сопротивления  $Z_{\text{вх}}$ , подключаемого на его входе:

$$Z_{\text{вых}} = Z_0^2 / Z_{\text{вх}}, \tag{1}$$

где  $Z_0$  – волновое сопротивление линии передачи.

Если  $Z_{\text{вх}} = R_{\text{вх}}$ , тогда  $Z_{\text{вых}} = R_{\text{вых}} = Z_0^2 / R_{\text{вх}}$ . Считая, что  $Z_0$  имеет действительное фиксированное значение, передаточная характеристика такого элемента имеет вид, представленный на рис. 4б. Из графика видно, что при  $R_{\text{вх}} > Z_0$ ,  $R_{\text{вых}} < Z_0$  и наоборот, что соответствует выше сформулированным условиям построения моноиммитансного логического R-элемента «HE».

Одним из возможных вариантов реализации моноиммитансного логического R-элемента «И» является схема, представленная на рис. 5.

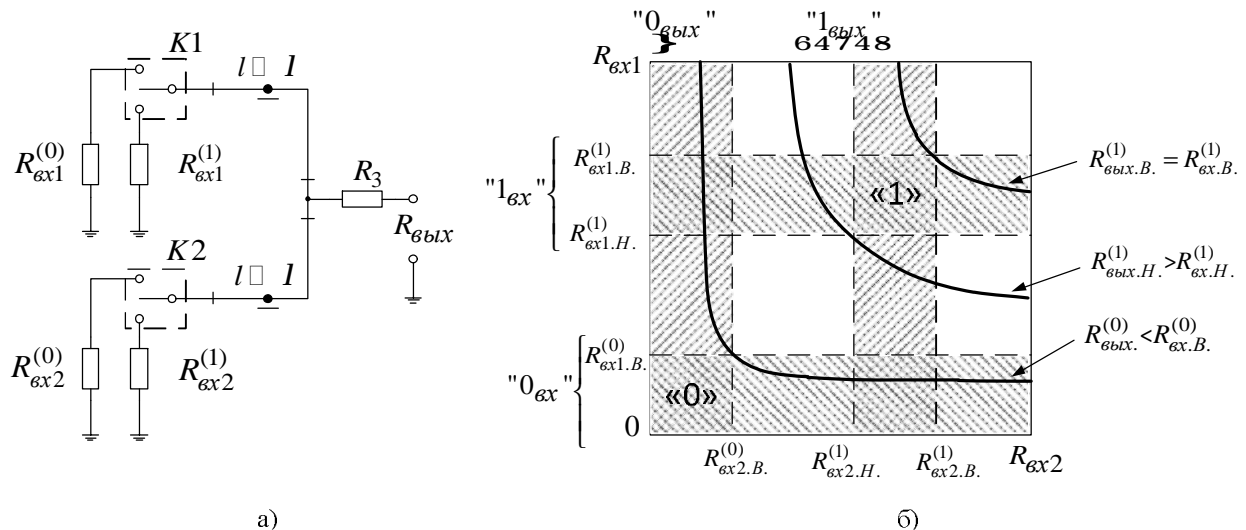


Рис. 5. Электрическая схема (а) и передаточная характеристика моноиммитансного логического R-элемента "И" (б) (на схеме K1 и K2 - условные коммутаторы)

Выходное активное сопротивление схемы при условии, что длина всех соединительных отрезков линии передачи  $l \ll \lambda$ , где  $\lambda$  – длина электромагнитной волны в линии передачи, равно

$$R_{\text{вых}} = R_3 + \frac{R_{\text{вх1}} R_{\text{вх2}}}{R_{\text{вх1}} + R_{\text{вх2}}}. \tag{2}$$

Уравнение (2) описывает иммитансную передаточную характеристику схемы, представляющую в координатах  $R_{\text{вх1}}$  и  $R_{\text{вх2}}$  семейство равнобочных гипербол, положение которых может регулироваться величиной резистора  $R_3$ .



Ограничим нулевой логический уровень диапазоном изменения входного сопротивления  $(0 \div R_{ex}^{(0)})$ , а единичный уровень – диапазоном  $(R_{ex.H}^{(1)} \div R_{ex.B}^{(1)})$ . Для обеспечения запаса схемы по помехоустойчивости, задаемся верхней границей нулевого логического уровня на выходе схемы из условия  $R_{вых.B}^{(0)} < R_{ex.B}^{(0)}$ . При этом нижняя граница этого уровня  $R_{вых.H}^{(0)} = 0$ . Исходя из требований помехоустойчивости границы единичного логического уровня на выходе схемы определяем из условий:  $R_{вых.H}^{(1)} > R_{ex.H}^{(1)}$ ,  $R_{вых.B}^{(1)} > R_{ex.B}^{(1)}$ . С учётом введённых ограничений, области работы моноиммитансного логического R-элемента «И» определяются заштрихованными квадратами «0» и «1» на рис.5б, соответствующих таблице истинности, представленной на рис.3г.

Электрическая схема возможного варианта реализации моноиммитансного R-логического элемента «ИЛИ» представлено на рис.6а.

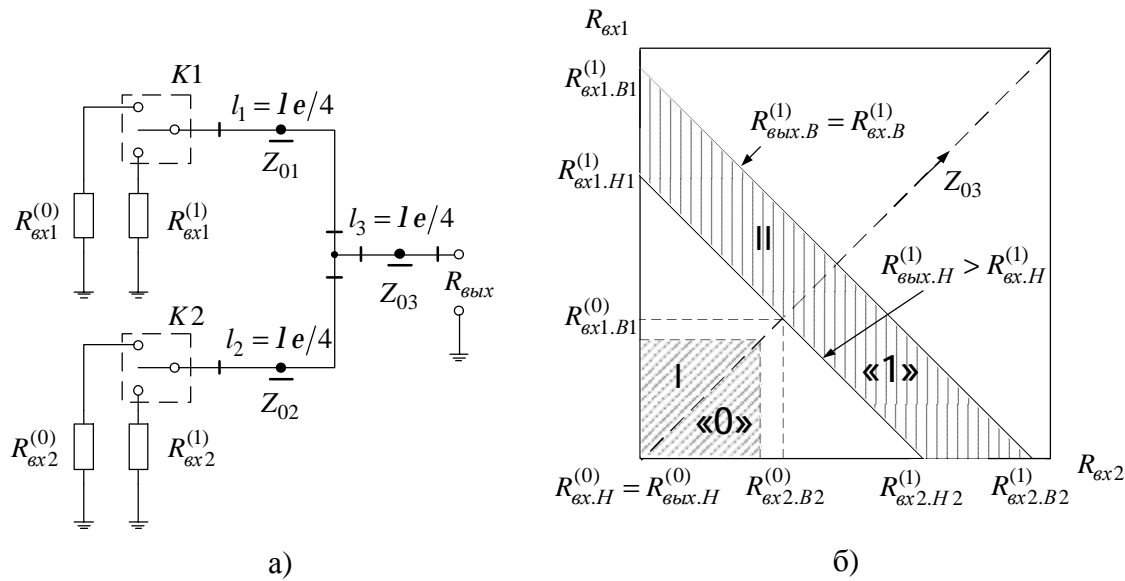


Рис. 6 - Электрическая схема (а) и иммитансная передаточная характеристика моноиммитансного R-логического элемента "ИЛИ" (б) (на схеме K1 и K2 - условные коммутаторы)

Рассчитаем иммитансную передаточную характеристику этого элемента. Учитывая трансформирующие свойства четвертьволновых отрезков линии передачи  $l_1 - l_3$ , имеющих соответственно волновые сопротивления  $Z_{01} - Z_{03}$ , находим

$$R_{вых} = \frac{Z_{03}^2 (Z_{01}^2 R_{ex2} + Z_{02}^2 R_{ex1})}{Z_{01}^2 Z_{02}^2}, \tag{3}$$

где  $Z_{01}, Z_{02}, Z_{03}$  – волновые сопротивления отрезков линии передачи  $l_1, l_2, l_3$  соответственно. Считая, что входные каналы логического элемента идентичны, т.е.  $Z_{01} = Z_{02}$ , из (3) находим

$$R_{вых} = \frac{Z_{03}^2 (R_{ex1} + R_{ex2})}{Z_{01}^2}. \tag{4}$$

Из (4) следует, что иммитансная передаточная характеристика логического элемента на плоскости в координатах  $R_{ex1}$  и  $R_{ex2}$  представляет прямую линию (рис.6б) положение которой может регулироваться путем задания значений волновых сопротивлений  $Z_{01}$  и  $Z_{03}$  отрезков линии передачи.

Определим возможный диапазон изменения входных иммитансов, соответствующих логическим «нулю» и «единице». Как следует из рис.6б, если при  $R_{ex1} = 0$ ,  $R_{вых} = R_{ex2}$ , тогда области, где обеспечивается выполнение условий таблицы истинности, будут соответственно для логического нуля на выходе – область «I», а для логической единицы – область «II». Для обеспечения запаса схемы по помехоустойчивости, необходимо ограничить диапазон изменения входных активных иммитансов условиями:  $R_{вых.H}^{(1)} > R_{ex.H}^{(1)}$ ,  $R_{вых.B}^{(1)} = R_{ex.B}^{(1)}$ ,  $R_{вых.B}^{(0)} > R_{ex.B}^{(0)}$ ,  $R_{вых.H}^{(0)} = R_{ex.H}^{(0)}$ . Одним из возможных вариантов выполнения этих условий является выбор значений волновых сопротивлений  $Z_{01}$  и  $Z_{02}$ .

### Оценка основных параметров

Важнейшими параметрами любого логического элемента являются его быстродействие и потребляемая мощность.

Быстродействие любого иммитансного логического элемента определяется задержкой установления иммитанса выхода логического элемента при изменении значения иммитанса цепи, подключенной к его входу. Для моноимпульсного иммитансного логического R-элемента «НЕ» эта задержка определяется временем прохождения электромагнитной волны от входа до выхода элемента и зависит от длины отрезка линии передачи  $l$  и скорости  $V$  электромагнитной волны в линии передачи.

$$t = l/V = \frac{l\sqrt{\epsilon m}}{c}, \quad (5)$$

где  $V = c/\sqrt{\epsilon m}$  - скорость электромагнитной волны в линии передачи,  $c$  - скорость света в свободном пространстве,  $\epsilon$  и  $m$  - соответственно относительные диэлектрическая и магнитная проницаемость диэлектрического материала, заполняющего линию передач между проводниками.

Для схемы моноиммитансного логического R-элемента «НЕ», представленного на рис.4, и реализуемого на основе микрополосковой линии с диэлектрическим заполнением, при  $l = l/4$ ,  $m = 1$  имеем:

$$t(HE) = \sqrt{\epsilon}/4f. \quad (6)$$

Например, при использовании в качестве диэлектрической подложки керамики с  $\epsilon = 9$ , на частоте 10 ГГц, имеем потенциальное значение времени задержки  $t_1(HE) = 75$  пСек. При использовании воздушного диэлектрика имеем:  $\epsilon = 1$ ,  $t_2(HE) = 25$  пСек. Увеличение несущей частоты до 100 ГГц ведет к росту быстродействия моноиммитансного логического элемента, соответственно до  $t'_1(HE) = 7,5$  пСек и  $t'_2(HE) = 2,5$  пСек. Еще большее быстродействие можно достичь у моноиммитансного логического элемента «И», у которого длина отрезков линии передачи  $l_1 \ll l$ ,  $l_2 \ll l$ . Потенциальное быстродействие моноиммитансного логического элемента «ИЛИ» (рис.6а), у которого длина отрезка линии передачи между входом и выходом равна  $l = l_1 + l_2$ , когда  $l_1 = l_2$ , составляет  $t(ИЛИ) = \sqrt{\epsilon}/2f$ , т.е. наблюдается двукратная задержка сигнала по сравнению с моноиммитансным логическим элементом «НЕ».

Вторым важнейшим параметром моноиммитансного логического элемента является величина потребляемой мощности. Учитывая, что рассматриваемые моноиммитансные логические элементы работают без использования постоянного источника питания ( $P_0 = 0$ ), основные затраты энергии связаны с энергетическими потерями в отрезках линии передачи  $P_l$  или рассеянием сигнала  $P_R$  на омическом сопротивлении  $R_{ex}$  цепи, подключаемой ко входу моноиммитансного логического элемента. Вследствие малой длины используемых отрезков линии передачи и низком значении  $tgd \leq 10^{-4}$  используемого диэлектрика подложки, потерями  $P_l$  в линии передачи можно пренебречь.

Мощность  $P_R$  сигнала рассеиваемая на сопротивлении  $R_{ex}$  зависит от мощности сигнала  $P_{\sim}$  несущей частоты. Её минимальное значение  $P_{\sim \min}$  должно быть больше мощности шумов, создаваемых омическим сопротивлением  $R_{ex}$  [8]:

$$P_{ш} = 4kT\Delta f, \quad (7)$$

где  $k$  - постоянная Больцмана,  $\Delta f$  - полоса рабочих частот,  $T$  - абсолютная температура.

Минимальная полоса рабочих частот определяется стабильностью частоты опорного генератора. Например, при относительной стабильности частоты генератора  $\Delta f/f = 10^{-6}$  и несущей частоте 1 ГГц, рабочая полоса частот логического элемента равна 1 кГц. В этом случае  $P_{ш} = 4 \cdot 290 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 10^3 = 1,6 \cdot 10^{-17}$  Вт. Откуда  $P_{ex\sim} > 1,6 \cdot 10^{-17}$  Вт. С учетом необходимости обеспечения коэффициента разветвления по выходу  $K_{раз}$  мощность сигнала, потребляемая моноиммитансным логическим элементом, будет равна  $P_{\sim \min} = 4kT\Delta f K_{раз}$ .

### Выводы

1. Обоснованы принципы построения моноиммитансных логических элементов, использующих в качестве информационного параметра значение иммитанса одного характера: или активное, или емкостное, или индуктивное сопротивление, что обеспечивает по сравнению с мультииммитансными RLC-логическими элементами более высокие энергетические характеристики, так как они могут работать без внешнего источника постоянного тока.

2. Проведена численная оценка быстродействия и потребляемой мощности пассивных моноиммитансных логических R-элементов, которая показала, что время переключения таких элементов определяется скоростью распространения электромагнитной волны в линии передачи, частотой и

геометрической длиной линий передачи. Потенциальная оценка задержки сигнала в моноиммитансном логическом R-элементе на частоте 10 ГГц равна 75 пСек и уменьшается с ростом частоты. Энергетические потери в рассмотренных элементах в основном определяются диссипативными потерями на активных сопротивлениях электрических цепей, подключаемых к входам моноиммитансных логических элементов. При использовании опорного генератора с относительной стабильностью частоты  $10^{-6}$  на несущей частоте 1 ГГц величина потребляемой мощности моноиммитансного логического элемента  $P_{\sim} > 1,6 \cdot 10^{-17}$  и растет пропорционально коэффициенту разветвления по выходу.

### Литература

1. Бабич Н.П. Компьютерная схемотехника. Методы построения и проектирования: Учебное пособие. / И.А. Жуков, Н.П. Бабич – К., «МК-Пресс», 2004. – 576с., илл. - ISBN 966-96415-2-7.
2. Торчигин В.П. Оптические логические элементы на основе нелинейных интерференционных фильтров / В.П. Торчигин - Квант. электрон., т. 19, № 6, 1992. - с. 525 - 624.
3. Pierre A. Deymier Acoustic Metamaterials and Phononic Crystals / A. Pierre - Springer Science & Business Media, 2013. - 392p.
4. Кичак В.М. Радіочастотні та широтно-імпульсні елементи цифрової техніки: Монографія. / В.М. Кичак, О.О. Семенова – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 163с. - ISBN 978-966-641-259-4.
5. Ліщинська Л.Б. Імітансна логіка. / Л.Б. Ліщинська, М.А. Філінюк. – Міжн. науково-технічний журнал “Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія”, №2(18), 2010. – с. 25-31.
6. Лепешкин А.В. Гидравлика и гидропневмопривод. В 2-х частях. Ч. 2: Гидравлические машины и гидропневмопривод: Учебник / А.В. Лепешкин, А. А. Михайлин, А. А. Шейпак. — 4-е изд., доп. и перераб. – М.: МГИУ, 2009. — 352 с. — ISBN 978-5-276-01019-9.
7. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. - М.:Высшая Школа, т.1, 1970 - 439с.
8. Борисов В.И. Помехозащищенность систем радиосвязи: основы теории и принципы реализации. - М.: Наука, 2009. - 358 с. - ISBN 978-5-02-036943-6.

### References

1. Babich N.P. Komp'yuternaya shemotekhnika. Metody postroeniya i proektirovaniya: Uchebnoe posobie. / I.A. Zhukov, N.P. Babich – K., «MK-Press», 2004. – 576s, ill. - ISBN 966-96415-2-7.
2. Torchigin V.P. Opticheskie logicheskie elementy na osnove nelineynykh interferenionnykh fil'trov - Kvant. elektron., t. 19, № 6, 1992, s. 525 - 624.
3. Pierre A. Deymier Acoustic Metamaterials and Phononic Crystals / A. Pierre - Springer Science & Business Media, 2013. - 392p.
4. Kichak V.M. Radiochastotni ta shirotno-impul'sni elementi cifrovoi tehnik: Monografiya. / V.M. Kichak, O.O. Semenova – Vinnicya: UNIVERSUM-Vinnicya, 2008. – 163s. - ISBN 978-966-641-259-4.
5. Lischins'ka L.B. Imitansna logika. / L.B. Lischins'ka, M.A. Filinyuk. – Mizhn. naukovo-tehnichnyy zhurnal “Informaciyni tehnologii ta komp'yuterna inzheneriya”, №2(18), 2010. – s. 25-31.
6. Lepeshkin A.V. Gidravlika i gidropnevmoпривод. V 2-h chastyah. Ch. 2: Gidravlicheskie mashiny i gidropnevmoпривод: Uchebник / A.V. Lepeshkin, A. A. Mihaulin, A. A. Sheypak. — 4-e izd., dop. i pererab. – M.: MGIU, 2009. — 352 s. — ISBN 978-5-276-01019-9.
7. Lebedev I.V. Tehnika i pribory SVCh. - M.:Vysshaya Shkola,t.1,1970 - 439s.
8. Borisov V.I. Pomehozaschishennost' sistem radiosvyazi: osnovy teorii i principy realizacii. - M.: Nauka, 2009. - 358 s. - ISBN 978-5-02-036943-6.

Рецензія/Peer review : 14.4.2015 р.

Надрукована/Printed : 13.5.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Перевозніков С.І.

---

13. Silber-Chaussumier F., Muller A., Habel R. Generating data transfers for distributed GPU parallel programs, Journal of Parallel and Distributed Computing, 2013, Volume 73, Issue 12, pp. 1649 — 1660.

Рецензія/Peer review : 9.5.2015 р. Надрукована/Printed :15.5.2015 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. Троцишин І.В.

---

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе

**Повні вимоги до оформлення рукопису**  
**<http://vestnik.ho.com.ua/rules/>**

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,  
протокол № 11 від 27.05.2015 р.**

Підп. до друку 24.06.2015 р. Ум.друк.арк. 27,61 Обл.-вид.арк. 26,27  
Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.  
Наклад 100, зам. № \_\_\_\_\_

---

Тиражування здійснено з оригінал-макету, виготовленого  
редакцією журналу “Вісник Хмельницького національного університету”  
редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету  
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63