

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Вінницький національний технічний університет

**Л. Б. Ліщинська**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ПРИСТРОЇ  
НА ОСНОВІ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ  
УЗАГАЛЬНЕНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ  
ІМІТАНСУ**

**Монографія**

Вінниця  
ВНТУ  
2013

УДК 621.38  
ББК 32.85  
Л67

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 3 від 25.10.2012 р.)

Рецензенти:

**І. В. Кузьмін**, доктор технічних наук, професор

**В. О. Романов**, доктор технічних наук, професор

**Ліщинська, Л. Б.**

Л67 Інформаційні пристрої на основі багатопараметричних узагальнених перетворювачів імітансу : монографія / Л. Б. Ліщинська. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 219 с.

ISBN 978-966-641-507-6

В монографії наведені результати розробки і дослідження інформаційних пристроїв на основі багатопараметричних узагальнених перетворювачів імітансу, зокрема частотно-вибіркових пристрої, логічних елементів, напівпровідникових помножувачів індуктивності, радіочастотних датчиків, управляючих елементів тощо.

Книга розрахована на наукових співробітників та спеціалістів, аспірантів, магістрів і студентів, які займаються дослідженням, проектуванням і розробкою інформаційних пристроїв і систем.

**УДК 621.38**  
**ББК 32.85**

**ISBN 978-966-641-507-6**

© Л. Ліщинська, 2013

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ВИЗНАЧЕННЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ НА ОСНОВІ УПШ <sub>N</sub> .....	10
1.1 Визначення і класифікація УПШ <sub>N</sub> .....	10
1.2 Класифікація інформаційних пристроїв на основі УПШ <sub>N</sub> .....	18
РОЗДІЛ 2 СИНТЕЗ ТАБЛИЦЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ ІМІТАНСУ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ УПШ <sub>N</sub> .....	22
2.1 Обґрунтування концепції нечіткого імітансу.....	22
2.2 Метод синтезу таблиць перетворення імітансу двопараметричного заземленого УПШ <sub>N</sub> на основі незалежного триполюсника.....	25
2.3 Метод синтезу таблиць перетворення імітансу двопараметричного УПШ <sub>N</sub> на основі незалежного чотириполюсника.....	27
2.4 Метод синтезу таблиць перетворення імітансу трипараметричного УПШ <sub>N</sub> на основі незалежного чотириполюсника.....	31
РОЗДІЛ 3 СИНТЕЗ ДИНАМІЧНИХ НЕГАТРОНІВ НА ОСНОВІ АКТИВНИХ БАГАТОПОЛЮСНИКІВ.....	34
3.1 Обґрунтування методу синтезу.....	34
3.2 Практична реалізація.....	36
3.3 Експериментальна перевірка методу.....	41
РОЗДІЛ 4 КАСКАДНЕ З'ЄДНАННЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ УПШ <sub>N</sub> .....	44
4.1 Математична модель багатокаскадних УПШ <sub>N</sub> .....	44
4.2 Перевірка коректності математичної моделі.....	50
РОЗДІЛ 5 УПРАВЛЯЮЧІ ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ УПШ <sub>N</sub> .....	52
5.1 Визначення і класифікація багатопараметричних УЕ.....	52
5.2 Критерії оцінки ефективності багатопараметричних комбінованих УЕ.....	55
5.3 Графоаналітичний метод оцінки ефективності УЕ на основі УПШ <sub>N</sub> .....	62

РОЗДІЛ 6 ЧАСТОТНО-ВИБІРКОВІ ПРИСТРОЇ.....	67
6.1 Напівпровідникові аналоги реактивних елементів.....	67
6.2 Активні коливальні контури і фільтри.....	82
РОЗДІЛ 7 РАДІОЧАСТОТНІ ДАТЧИКИ ДИСТАНЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ.....	94
7.1 Вимоги до радіочастотних датчиків.....	94
7.2 Функціональний синтез двопараметричних генераторних датчиків.....	96
7.3 Вимоги до технічної реалізації.....	98
7.4 Розрахунок схеми генерації РЧД.....	104
7.5 Приклади технічної реалізації.....	108
РОЗДІЛ 8 НАПІВПРОВІДНИКОВІ ПОМНОЖУВАЧІ ІНДУКТИВНОСТІ.....	131
8.1 Параметри помножувачів індуктивності.....	132
8.2 Вимоги до параметрів чотирьохполосників при використанні їх в якості помножувачів індуктивності.....	133
8.3 Оптимальне значення перетворюваного імітансу.....	136
8.4 Максимально-досяжний коефіцієнт множення помножувача індуктивності.....	138
8.5 Коефіцієнт добротності помножувача індуктивності.....	139
8.6 Експериментальні дослідження помножувачів індуктивності.....	141
РОЗДІЛ 9 ЛОГІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ НА ОСНОВІ УПН.....	147
9.1 Радіочастотні логічні елементи.....	149
9.2 Імітансні логічні елементи.....	152
9.2.1 Обґрунтування імітансної логіки.....	152
9.2.2 Синтез імітансних логічних R-елементів.....	159
9.2.3 Технічна реалізація.....	169
9.2.4 Оцінка основних параметрів.....	178
9.3 Оптоімітансні логічні елементи.....	188
9.3.1 Обґрунтування оптоімітансної логіки.....	188
9.3.2 Технічна реалізація.....	192
9.3.3 Оптоімітансні перетворювачі.....	198
ЛІТЕРАТУРА.....	206

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АМ – амплітудна модуляція  
БТ – біполярний транзистор  
ВДО – від‘ємний диференціальний опір  
ІІ – інвертор імітансу  
ІІ – інформаційний пристрій  
ІІК – інформаційний пристрій кодування  
ІІП – інформаційний пристрій перетворення  
ІІТ – інжекційно-пролітний транзистор  
КІ – конвертор імітансу  
КІМ – кодоімпульсна модуляція  
ЛЕ – логічний елемент  
ЛП – логічний пристрій  
НВЧ – надвисокі частоти  
НПІ – напівпровідниковий помножувач індуктивності  
ОІП – оптоімітансний перетворювач  
ОТ – одноперехідний транзистор  
ПВП – первинний вимірювальний перетворювач  
ПІ – перетворювач імітансу  
ПТ – польовий транзистор  
ПТ2 – двозатворний польовий транзистор  
РЧД – радіочастотний датчик  
СВ – спільний витік  
СЕ – спільний емітер  
СЗ – спільний затвор  
СЗФ – смугозапірний фільтр  
СПФ – смугопропускний фільтр  
СС – спільний стік  
УВЧ – ультрависокі частоти  
УЕ – управляючий елемент  
УПІ – узагальнений перетворювач імітансу  
УПІ<sub>Н</sub> – багатопараметричний узагальнений перетворювач імітансу  
ЧВП – частотно-вибірковий пристрій  
ЧМ – частотна модуляція  
ЧСМ – часова модуляція

## ВСТУП

Прогрес розвитку сучасного суспільства багато в чому визначається успіхами у розвитку обчислювальної техніки, основою побудови якої є кодування та обробка інформації відеоімпульсними сигналами. Такі обчислювальні системи мають низку суттєвих переваг, зокрема високу надійність і швидкодію, відносно невисоку вартість тощо. Але основою глобальних інформаційних систем є радіочастотні канали зв'язку, об'єднання яких з відеоімпульсними системами здійснюється шляхом використання приймально-передавальної апаратури, аналогово-цифрових (АЦП) і цифро-аналогових (ЦАП) перетворювачів. При цьому, неминучі часткові втрати інформації і погіршення швидкодії таких систем. Останній недолік є також особливо актуальним при створенні інформаційних систем передачі, прийому та обробки інформації щодо рухливих об'єктів спеціального призначення.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання інформаційних систем, що здійснюють безпосередню обробку сигналів на носійній частоті. Використання таких систем також дозволяє підвищити завадостійкість систем передачі та обробки інформації, значно понизити необхідний енергетичний рівень інформаційного сигналу, зменшити апаратні витрати, виключити необхідність передачі інформаційних потоків з низькочастотними складовими частотного спектру.

Ще один напрямок використання радіочастотних сигналів почав розвиватися у зв'язку з необхідністю введення вимірювальної інформації безпосередньо в цифрові обчислювальні машини [1]. Ця задача була вирішена за рахунок використання АЦП. Але, хоча на цьому шляху досягнуті вже значні успіхи, подібні системи завжди будуть мати обмеження, пов'язані з тим, що отримання інформації і перетворення її в АЦП здійснюється з похибкою, яка може бути знижена тільки за рахунок значного ускладнення та подорожчання апаратури.

Одним з напрямків подолання цих складностей є використання радіочастотних датчиків (РЧД) [2], які поєднують простоту та уні-

версальність, що властиві аналоговим пристроям, з точністю і завадостійкістю, які характерні для датчиків з кодовим виходом. Подальше перетворення частотно-модульованого сигналу зводиться, в основному, до підрахунку періодів сигналу протягом визначеного часу операції, що за простотою і точністю має перевагу над всіма іншими методами аналогово-цифрового перетворення.

Розгляд тільки цих двох напрямків розвитку інформаційної техніки вказує на перспективність подальшого удосконалення технічних засобів побудови радіочастотних інформаційних систем отримання та обробки інформації. Ефективність таких систем визначають елементи, що її утворюють – інформаційні пристрої (ІП), які виконують інформаційні процедури малої складності, наприклад, кодування і комутування інформаційних потоків, частотну вибірковість, перетворення неелектричних сигналів в електричні, логічні операції на носійній частоті тощо.

У галузі побудови таких пристроїв сформувалося два напрямки. Один з них пов'язаний з використанням нелінійних властивостей електронних і напівпровідникових приладів, які, як правило, працюють у режимі «великого» сигналу [3]. Другий напрямок базується на використанні для реалізації ІП напівпровідникових приладів, які працюють у малосигнальному режимі, коли можна знехтувати залежністю його параметрів від потужності самого сигналу [4]. В основі побудови таких пристроїв лежить використання внутрішнього зворотного зв'язку в цих приладах, що забезпечує перетворення імітансу навантаження у вхідний імітанс та імітансу генератора у вихідний імітанс за необхідним законом. Пристрої отримали найменування «узагальнені перетворювачі імітансу» (УПІ) [5] і є основою побудови активних УВЧ і НВЧ фільтрів, комутаторів і вимикачів, фазообертачів, перетворювачів частоти, радіочастотних датчиків тощо.

Такі УПІ можуть бути як однопараметричними, так і багатопараметричними. Основи теорії однопараметричних УПІ і принципи побудови ІП на їх базі узагальнені у роботах [6, 7]. Розглядаючи багатопараметричні УПІ, як найбільш загальний випадок однопараметричних УПІ, в [8] розроблено фундамент теорії таких перетворювачів

чів, які покладені в основу побудови радіочастотних інформаційних пристроїв на базі однокристальних УПП<sub>N</sub>.

Результати цих досліджень наведені у запропонованій монографії.

У її першому розділі надані основні визначення і класифікація УПП<sub>N</sub> та інформаційних пристроїв на їх основі.

У другому розділі обґрунтовується концепція нечіткого імітансу, на основі якої розроблені методи синтезу таблиць перетворення імітансу двопараметричних заземлених УПП<sub>N</sub> на базі незалежних три- і чотиріполюсників, а також трипараметричного УПП<sub>N</sub> на базі незалежного чотиріполюсника.

В третьому розділі розглядається розробка узагальненого методу синтезу динамічних негatronів на базі активних багатополісників, без залежності від фізичного механізму їх роботи, які є основою побудови РЧД і радіочастотних логічних елементів.

В четвертому розділі узагальнені аналітичні та експериментальні дослідження каскадного з'єднання багатопараметричних УПП<sub>N</sub>.

У п'ятому розділі подаються визначення і класифікація багатопараметричних управляючих елементів на базі УПП<sub>N</sub> і формування аналітичного і графоаналітичного критеріїв оцінки їх ефективності.

У шостому розділі наведені нові результати щодо створення активних коливальних контурів та фільтрів УВЧ і НВЧ діапазону на базі УПП<sub>N</sub> та напівпровідникових аналогів реактивних елементів, що лежать у їх основі.

У сьомому розділі розглянуті питання розробки РЧД дистанційного контролю. На основі сформульованих вимог до таких датчиків, розроблено методи синтезу і розрахунку двопараметричних РЧД.

У восьмому розділі йдеться про розроблену теорію і дослідження напівпровідникових помножувачів індуктивності на базі УПП<sub>N</sub>. Визначено основні параметри помножувачів індуктивності і сформовано вимоги до параметрів чотиріполюсників при використанні їх у якості помножувачів індуктивності. Аналітично визначено оптимальне значення перетворюваного імітансу, максимально-досяжний коефіцієнт помноження індуктивності і коефіцієнт добротності.



У дев'ятому розділі розглянуті питання побудови логічних елементів на основі УПІ: радіочастотних логічних елементів, які використовують у якості інформаційного параметра амплітуду і частоту сигналу; імітансних логічних елементів, які використовують у якості інформаційного параметра імітанс; оптоімітансних логічних елементів, які використовують у якості інформаційного параметра одночасно імітанс та амплітуду оптичного сигналу. Обґрунтовані принципи побудови таких логічних елементів і визначені їх основні параметри.

Автор висловлює подяку за корисні поради науковому консультанту д. т. н., проф. М. А. Філінюку, а також своїм колегам по кафедрі проектування комп'ютерної і телекомунікаційної апаратури Вінницького національного технічного університету, зокрема к. т. н., доц. О. О. Лазареву, к. т. н., доц. С. Є. Фурсі, к. т. н., доц. О. В. Войцеховській, аспіранту М. В. Барабан і магістру Я. С. Рожковій за допомогу у проведенні досліджень.

Крім того, автор висловлює щирі подяку редактору С. А. Малішевській та провідному інженеру О. М. Власюк за доброзичливість і професіоналізм при підготовці цієї книги до видання.

# РОЗДІЛ 1

## ВИЗНАЧЕННЯ І КЛАСИФІКАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРИБОРІВ НА ОСНОВІ УПН

### 1.1 Визначення і класифікація УПН

Узагальненим перетворювачем імпедансу (УПІ) називається чотириполюсник, імпеданс між однією парою клем якого  $W_{Bx}(W_{Bux})$  є функцією імпедансу  $W_H(W_\Gamma)$ , підключеного до другої пари його клем (рис. 1.1) [6]:

$$W_{Bx} = f(W_H); W_{Bux} = f(W_\Gamma).$$

Під імпедансом розуміють повний опір або повну провідність, що використовується у конкретному випадку, і позначається індексом  $W$ , який при характеристиці чотириполюсників є узагальненим параметром, під яким розуміють одну з  $Y$ -,  $Z$ -,  $h$ - або  $g$  систем параметрів чотириполюсників.

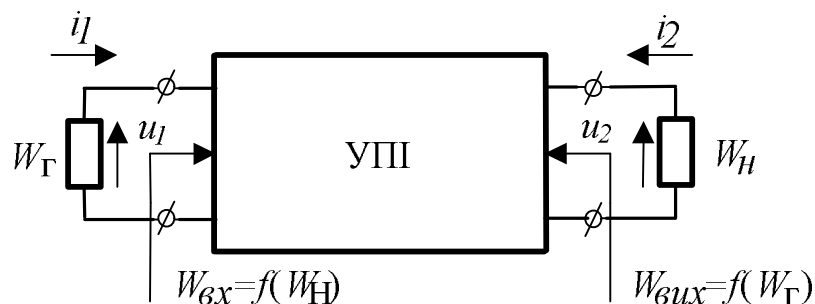


Рисунок 1.1 – Структурна схема узагальненого перетворювача імпедансу

Імпеданси  $W_H$  і  $W_\Gamma$  отримали найменування «перетворювані», а  $W_{Bx}$  і  $W_{Bux}$  – «перетворені». Враховуючи, що в УПІ, які розглядаються, перетворений імпеданс  $W_{Bux}(W_{Bx})$  залежить тільки від перетворюваного імпедансу  $W_H(W_\Gamma)$ , такі УПІ називаються «однопараметричними».

Всі види УПІ поділяються на дві групи – ті, що використовують схемотехнічні рішення для одержання необхідного коефіцієнта перетворення імпедансу (схемотехнічні УПІ), і ті, що використовують для цієї мети фізичні ефекти у твердому тілі, зокрема, в транзисторних структурах (однокристальні УПІ)

Найбільш детально досліджені технічні рішення, що стосуються схемотехнічної реалізації УПІ [9–15]. Вони знайшли застосування у функціональних перетворювачах [16, 17], в лініях затримки [18], в активних частотно-вибіркових пристроях [19, 20], у фазочастотних коректорах [21], у компенсаторах активних і реактивних імітансів [22], при побудові логічних та ключових пристроїв [23].

Різноманітність перерахованих галузей застосування УПІ цієї групи вказує на їх універсальність як елемента інформаційних пристроїв (ІІ). Але частотний діапазон роботи таких УПІ, навіть у випадку експериментальних зразків, не перевищує 300 МГц [24], що пояснюється погіршенням їх параметрів внаслідок впливу неконтрольованої фазової затримки сигналу у міжелементних колах і в активних приладах.

Менша частина досліджень зосереджена на вивченні і реалізації УПІ, які використовують фізичні процеси в твердому тілі. Це роботи з дослідження гіраторів на основі феритів [25], дослідження емітерного та виткового повторювачів [26] і однопараметричних УПІ на основі біполярних та польових транзисторів у різних схемах їх включення [27]. Перший вид УПІ відноситься до пасивних пристроїв і не одержав широкого практичного застосування внаслідок обмежених функціональних можливостей, нетехнологічності і низьких технічних параметрів. Емітерний і витковий повторювачі знаходять широке застосування як трансформатори активного опору. Одним з обмежень частотного діапазону роботи таких повторювачів є поява на високих і надвисоких частотах між їх електродами від'ємного диференціального опору (ВДО). Саме дослідження цієї властивості емітерного повторювача дозволило реалізувати на його основі активні НВЧ фільтри [28] і фазообертачі [29]. Результати цих досліджень показали перспективність використання біполярного транзистора в якості УПІ для реалізації ІІ діапазону високих і надвисоких частот.

Всі типи УПІ поділяються на конвертори та інвертори імітансу [13].

Конвертором імітансу (КІ) називається чотиріполюсник, імітанс між однією парою клем якого прямопропорційно залежить від імітансу, що підключається до другої пари його клем. Наприклад, у випадку

перетворення повного опору  $Z_H$  (пряме перетворення), маємо

$$Z_{BX} = (A/D)Z_H,$$

де  $A$  і  $D$  – елементи  $ABCD$  ланцюгової матриці перетворювача (в загальному випадку комплексні), які зв'язують струми і напруги на клеммах УПІ (див. рис. 1.1)

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ i_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_2 \\ -i_2 \end{pmatrix}. \quad (1.1)$$

У випадку ідеального конвертора імітансу матриця (1.1) має вигляд

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ i_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & 0 \\ 0 & D \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_2 \\ -i_2 \end{pmatrix}, \quad (1.2)$$

з якої випливає, що він невзаємний і активний, якщо  $AD \neq 1$  [14].

Відношення

$$A/D = T_K \quad (1.3)$$

є коефіцієнтом конверсії прямого перетворення, а величина

$$T_K' = 1/T_K \quad (1.4)$$

є коефіцієнтом конверсії зворотного перетворення імітансу.

В загальному випадку, коефіцієнт конверсії – це комплексна величина. В окремому випадку, коли параметри ланцюгової матриці (1.2) є дійсними числами, коефіцієнт конверсії також дійсна величина. Конвертори імітансу, що характеризуються таким коефіцієнтом конверсії, називаються дійсними конверторами імітансу.

Якщо параметри ланцюгової матриці (1.2) характеризуються уявними числами, коефіцієнт конверсії також є уявною величиною, а відповідні КІ називаються уявними конверторами імітансу. Ідеальним конвертором імітансу називається чотириполусник, коефіцієнт конверсії якого не залежить від перетворюваного імітансу [22].

Значення коефіцієнта конверсії  $T_K$  не є повним описом конвертора імітансу, матриця якого (1.2) має два параметра  $A$  і  $D$ . В залежності від співвідношення між параметрами  $A$  і  $D$ , дійсні конвертори імітансу поділяються на п'ять видів (рис. 1.2) [30].

Інвертором імітансу (І І) називається чотиріполюсник, імітанс між однією парою клем якого зворотно пропорційно залежить від імітансу, що підключається до іншої пари його клем. У випадку перетворення повного опору навантаження  $Z_H$  (пряме перетворення) маємо

$$Z_{BX} = B/CZ_H.$$

Ланцюгова матриця ідеального інвертора імітансу має вигляд

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ i_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & B \\ C & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} u_2 \\ -i_2 \end{pmatrix}, \quad (1.5)$$

з якої випливає, що інвертор імітансу є невзаємним і активним чотиріполюсником [14]. Відношення

$$B/C = T_I \quad (1.6)$$

є коефіцієнтом інверсії прямого перетворення, а величина  $W_I = \sqrt{T_I}$  – імітансом гірації прямого перетворення. У загальному випадку, це комплексна величина. В окремому випадку, коли параметри ланцюгової матриці (1.5) є дійсними числами, імітанс гірації – також дійсна величина: опір гірації  $R_I$ , при перетворенні повного опору  $Z_H$  або провідність гірації  $G_I$ , при перетворенні повної провідності  $Y_H$ . Інвертори імітансу, які характеризуються дійсним імітансом гірації ( $R_I$  або  $G_I$ ), називаються дійсними інверторами імітансу. Властивості і реалізація ідеальних дійсних інверторів і конверторів імітансу розглянуті у роботах [9–15]. Якщо параметри матриці (1.5) характеризуються уявними числами, відповідні інвертори імітансу називаються уявними.

Значення коефіцієнта інверсії  $T_I$  не є повним описом інвертора імітансу, матриця якого (1.5) має два параметри  $B$  і  $C$ . У залежності від співвідношення між параметрами  $B$  і  $C$ , дійсні інвертори імітансу поділяються на п'ять видів (див. рис. 1.2) [30].

Наявність напівпровідникових структур, які мають три і більше електродів, наприклад, багатозатворні польові транзистори, одноперехідні запрограмовані транзистори тощо, дозволяють реалізувати на таких N-полюсниках багатопараметричні УПН.

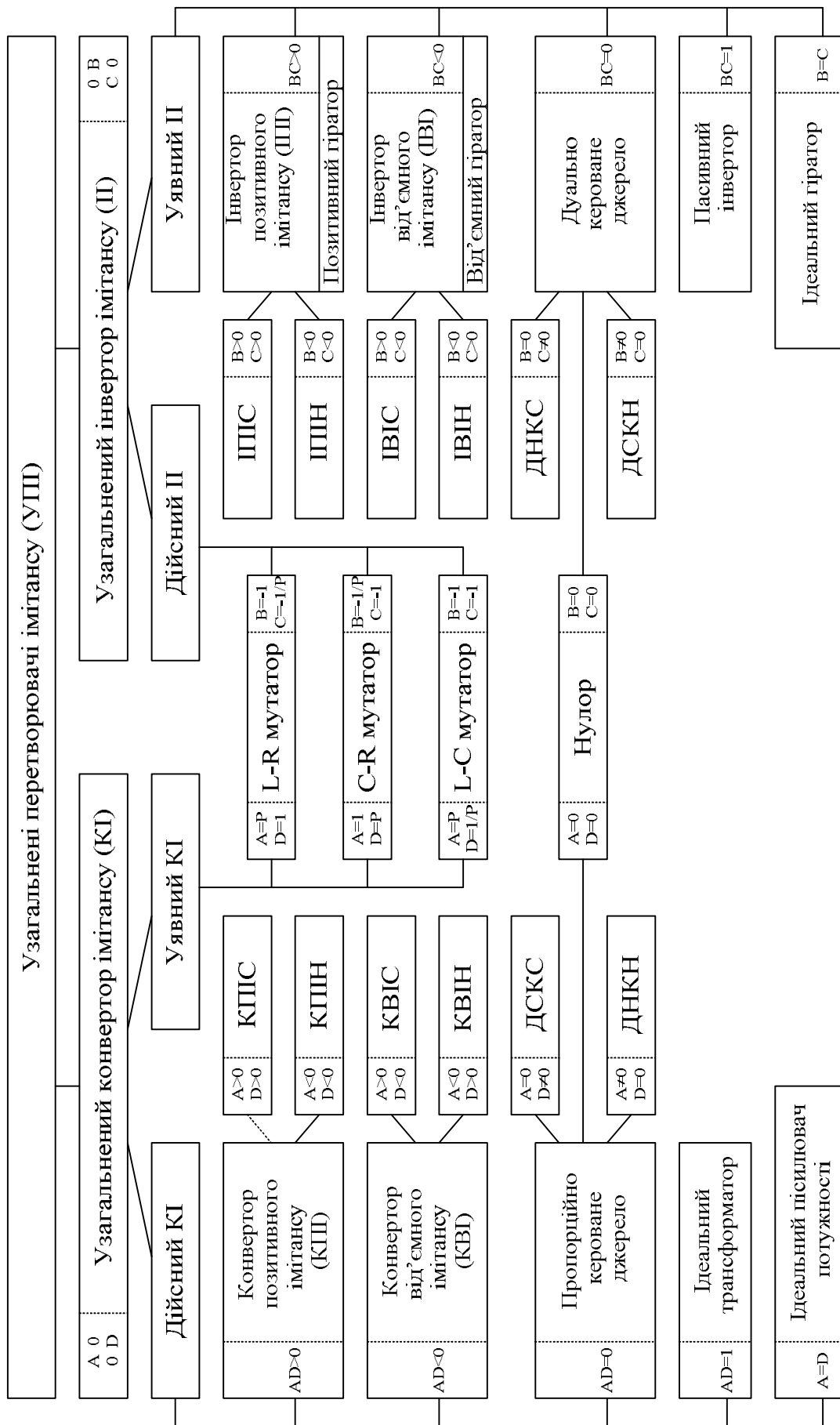


Рисунок 1.2 – Основні види узагальнених перетворювачів імітансу

Багатопараметричним УПН називається електричний N-полюсник, до частини полюсів якого підключаються перетворювані імітанси  $W_{\Gamma_i}$ , а перетворені імітанси  $W_{вих.j}$  реалізуються між залишеними незадіяними полюсами (рис. 1.3) [31].

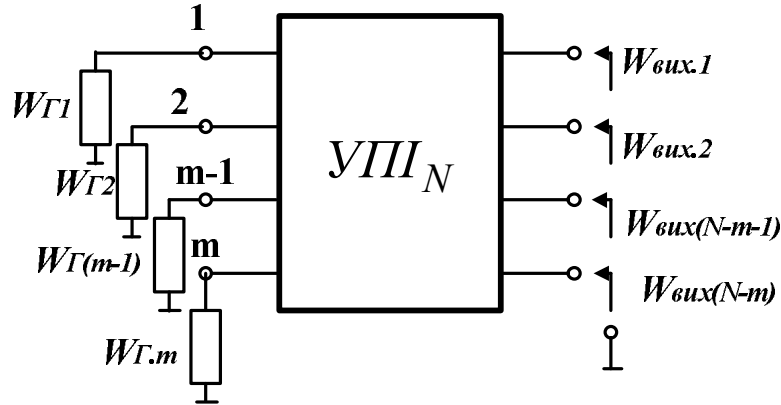


Рисунок 1.3 – Багатопараметричний УПН

При цьому, перетворені імітанси  $W_{вих.j} = T_{ij}(W_{\Gamma_i})$ , які залежать від низки значень перетворюваних імітансів  $W_{\Gamma_i}$ , є функцією декількох параметрів. Це дозволяє розглядати їх як багатопараметричні УПН з частковим коефіцієнтом перетворення імітансу  $T_{ij}$ .

У наведеному на рис. 1.3. багатопараметричному УПН перетворювані імітанси  $W_{\Gamma_i}$  підключаються між  $m$ -полюсами і загальною шиною, а перетворені імітанси  $W_{вих.j}$  реалізуються між  $(N - m)$  полюсами і загальною шиною. Такий вид УПН є «заземленим УПН» [32].

Можливий варіант реалізації УПН, коли перетворювані імітанси  $W_{\Gamma_i}$  підключаються тільки між  $m$ -полюсами, а перетворені імітанси також реалізуються тільки між  $(N - m)$  полюсами (рис. 1.4а). Такі УПН є «незаземленими УПН».

Третій варіант реалізації багатопараметричного УПН полягає у змішаному використанні полюсів багатопольсника (див. рис. 1.4б, в). Такі УПН називаються «змішаними УПН». Їх можна розділити на три типи (табл. 1.1) [31].

В змішаних УПН 1-го типу перетворювані імітанси мають змішане підключення до полюсів – частина з них заземлена, а інша частина – не заземлена. При цьому перетворені імітанси  $W_{вих.j}$  реалізуються між  $(N - m)$ -полюсами і загальною шиною.

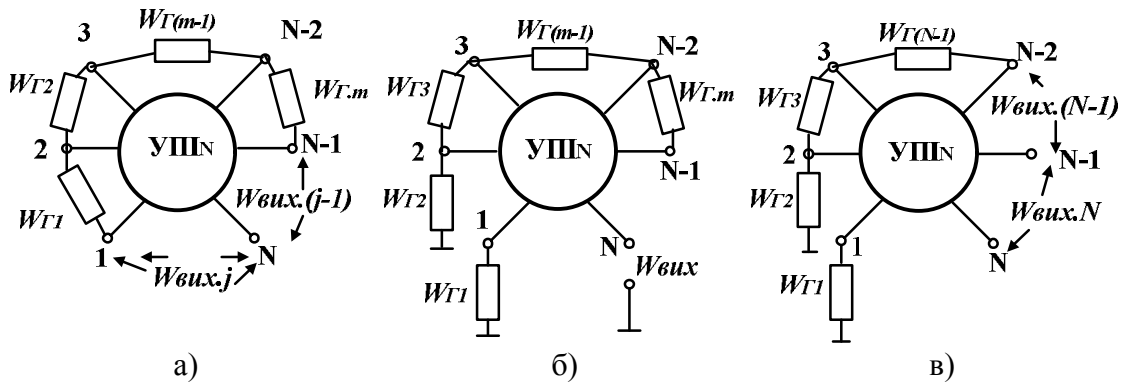


Рисунок 1.4 – Варіанти структурної реалізації багатопараметричних УПН на базі N-полюсника: незаземлений УПН (а); УПН змішаного 1-го типу (б); УПН змішаного 3-го типу (в)

Таблиця 1.1 – Класифікація УПН у залежності від схеми використання полюсів багатопольсника

Перетворюваний імітанс $W_{Гi}$	Перетворений імітанс $W_{вих.j}$	Вид УПН
Заземлений	Заземлений	Заземлений
Незаземлений	Незаземлений	Незаземлений
Змішане включення	Заземлений	Змішаний 1-го типу
Заземлений	Змішане включення	Змішаний 2-го типу
Змішане включення	Змішане включення	Змішаний 3-го типу

У змішаних УПН 2-го типу всі перетворюванні імітанси  $W_{Гi}$  заземлені, а перетворені імітанси  $W_{вих.j}$  мають змішану реалізацію, частково реалізуються між полюсами і загальною шиною та частково – тільки між полюсами.

У змішаних УПН 3-го типу, як перетворенні  $W_{вих.j}$  так і перетворюванні  $W_{Гi}$  імітанси, відповідно підключаються, або реалізуються, тільки частково заземленими.

У розглянутих видах УПН також можна виділити два варіанти побудови. В першому варіанті реалізується тільки один перетворений імітанс  $W_{вих.j}$ , який залежить від перетворюваних імітансів  $W_{Гi}$ . Такі багатопараметричні УПН називаються «одновихідними УПН». У другому варіанті реалізуються декілька перетворених імітансів  $W_{вих.j}$ ,



кожний з яких залежить від перетворюваних імітансів  $W_{\Gamma i}$ :  $W_{вих.j} = T_{ij}(W_{\Gamma i})$ . Такі багатопараметричні УПП<sub>N</sub> називаються «багатовихідними УПП<sub>N</sub>».

Можливі варіанти, коли всі перетворені імітанси  $W_{вих.j}$  залежать від всіх перетворюваних імітансів  $W_{\Gamma i}$ . Такі багатопараметричні УПП<sub>N</sub> називаються «функціонально-повними УПП<sub>N</sub>». Якщо між одним або декількома перетвореними імітансами  $W_{вих.j}$  відсутня залежність від одного або декількох перетворюваних імітансів  $W_{\Gamma i}$ , тоді такі багатопараметричні УПП<sub>N</sub> називаються «функціонально-неповними УПП<sub>N</sub>».

Однопараметричні УПП можна розглядати як окремий випадок УПП<sub>N</sub>, коли  $W_{\Gamma i} = W_{\Gamma 1}$ ,  $W_{\Gamma (i \geq 2)} = 0$ .

Розглянута класифікація багатопараметричних УПП<sub>N</sub> узагальнена на рис. 1.5. шляхом доповнення вже відомих варіантів реалізації і класифікації УПП [6], які можна поширити і на багатопараметричні УПП<sub>N</sub>.

Під однокристальним УПП<sub>N</sub> будемо розглядати такі, у яких перетворення імітансу пов'язано з фізичними процесами, які відбуваються всередині напівпровідникового кристалу, а зовнішні кола тільки задають його робочу точку за постійним струмом.

У схемотехнічних УПП<sub>N</sub> перетворення імітансу забезпечується, як за рахунок процесів в активних пристроях (транзисторах, операційних підсилювачах, які забезпечують реалізацію функцій підсилення, інвертування тощо), так і за рахунок сигнальних процесів у зовнішніх RLC-колах. Такі УПП<sub>N</sub> у своєму складі, як правило, містять декілька транзисторів і комбінованих кіл зовнішніх зворотних зв'язків. Найпростішим прикладом схемотехнічних багатопараметричних УПП<sub>N</sub> є вимірювальні мостові схеми, а також балансні підсилювальні схеми.

Наведена класифікація не є остаточною і може доповнюватись у процесі дослідження багатопараметричних УПП<sub>N</sub>.

Частково, у низці випадків неможливо розглядати багатопараметричні УПП<sub>N</sub> як конвертор або як інвертор імітансу, оскільки один (або декілька) перетворених імітансів у розглянутому УПП<sub>N</sub> будуть конвертуватися, а інші інвертуватися. Такі види УПП<sub>N</sub> потребують додаткової класифікації.

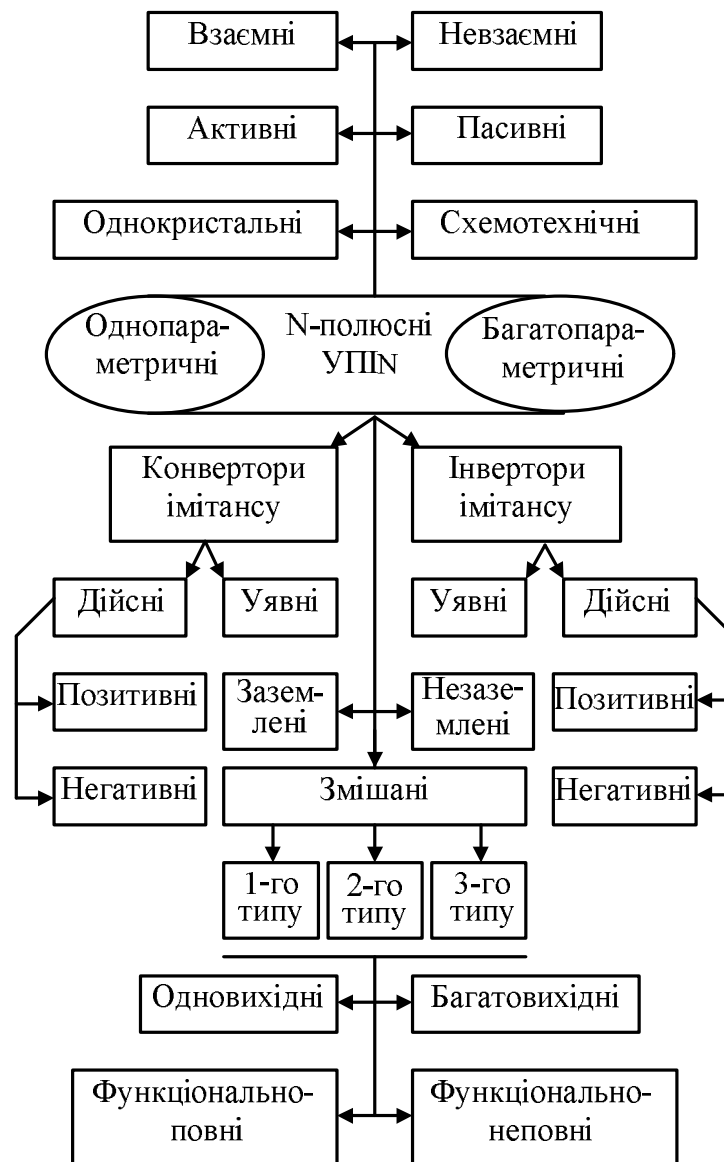


Рисунок 1.5 – Класифікація УПН на основі N-полюсників

## 1.2 Класифікація інформаційних пристроїв на основі УПН

Технічні системи, які призначені для отримання, перетворення, передачі, накопичення, відображення і зберігання інформації, що надходить від об'єкта спостереження і керування, називаються інформаційними системами [33]. До них відносяться: автоматизовані системи контролю і керування, системи електронно-обчислювальної та інформаційно-вимірювальної техніки, системи зв'язку, телемеханічні, навігаційні і телевізійні системи тощо.

Будь-яка інформаційна система складається з окремих простих ін-

формаційних пристроїв (ІП), що призначені для реалізації інформаційних процесів малої складності [30]. Інформаційні пристрої, алгоритм функціонування яких не залежить від алгоритму функціонування інформаційної системи, призначені для перетворення повідомлень у сигнал і навпаки, а також для зміни фізичної природи або параметрів сигналу, називаються інформаційними пристроями перетворення (ІПП). Прикладами таких пристроїв є: пристрої кодування і декодування, вимірвальні перетворювачі, Акосто-електричні та електронно-оптичні перетворювачі, перетворювачі імітансу, логічні пристрої тощо.

Інформаційні пристрої, алгоритм функціонування яких змінюється з часом за законом, який визначається алгоритмом функціонування інформаційної системи (тобто відбувається керування алгоритмом функціонування), називаються інформаційними пристроями керування (ІПК). Прикладами таких пристроїв є: комутатори, керовані атенюатори, фазообертачі, фільтри тощо.

Враховуючи, що у більшості інформаційних систем основним носієм інформації є електричний сигнал, у подальшому розглядатимуться ІП перетворення і керування електричними сигналами. Узагальнена функціональна схема цих пристроїв показана на рис. 1.6. [4].

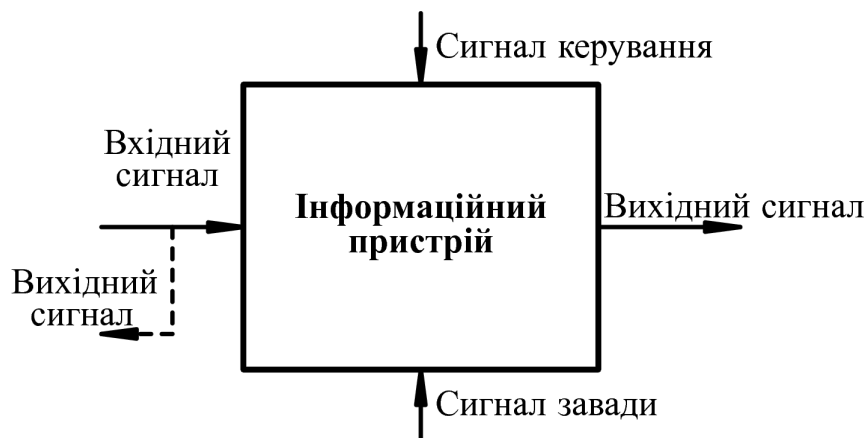


Рисунок 1.6 – Узагальнена функціональна схема інформаційного пристрою

Пристрої мають три основні групи виводів: вхідного сигналу, вихідного сигналу і сигналу керування. В ІПП відсутні виводи сигналу керування, але можуть бути наявними виводи опорного сигналу.

Крім інформаційних сигналів до ІП потрапляє сигнал завади. Він

може з'являтися як у ланцюгах основного сигналу та сигналу керування, так і у ланцюгах живлення або породжуватись у самому ІІ.

Властивість УІІ<sub>Н</sub> перетворювати характер і величину низки імітансів у вихідний імітанс у широкому діапазоні частот від сотень кГц до сотень ГГц, яка здійснюється з використанням лише одного напівпровідникового кристала, визначила перспективу їх використання при розробці широкого класу інформаційних пристроїв.

Враховуючи, що у загальному випадку УІІ<sub>Н</sub> може бути як пасивним, так і активним, ІІ на його основі також можуть бути пасивними та активним. Найбільш ефективними є ІІ, які реалізуються на активних УІІ<sub>Н</sub> (рис.1.7).

В залежності від фізичних параметрів і режиму роботи напівпровідникової структури, а також діапазону частот, УІІ<sub>Н</sub> можуть бути абсолютно стійкими, що обмежує їх функціональні можливості, але забезпечує отримання деяких більш високих параметрів, а також можуть бути потенційно нестійкими, що розширює їх потенційні можливості.

При реалізації УІІ<sub>Н</sub> можуть бути використані різноманітні багатоелектродні напівпровідникові структури. У теперішній час найбільш дослідженні УІІ<sub>Н</sub> на основі одноперехідної (ОТ), інжекційно-пролітної (ІІТ), біполярної (БТ) і польової (ІІТ) трьохелектродних транзисторних структур, а також на основі чотирьохелектродної польової транзисторної структури (ІІТ2) [8].

Сучасні досягнення схемотехніки і мікроелектроніки дозволяють передбачити перспективність реалізації однокристальних УІІ<sub>Н</sub> на основі більш складних напівпровідникових структур, зокрема реалізуючих у вигляді напівпровідникових мікросхем операційні підсилювачі [34] і конвеєри струму [35].

Незважаючи на велику номенклатуру ІІ, які можуть бути реалізовані на основі однокристальних УІІ<sub>Н</sub> (див. рис.1.7).

У теперішній час найбільш широке застосування вони знаходять при реалізації частотно-вибіркових пристроїв (ЧВП), логічних пристроїв (ЛІІ) та логічних елементів (ЛЕ), напівпровідникових помножувачів індуктивності (НІІ), радіочастотних датчиків (РЧД), управляючих елементів (УЕ) тощо.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Palagin O. Distributed virtual laboratory for smart sensor device and system design / O. Palagin, V. Romanov, I. Galelyuka, O. Kovyrova. // *Mathematics and Computer Science*. – 2010. – Vol.1, № 29. — P. 20–36.
2. Ліщинська Л. Б. Радіочастотні датчики дистанційного контролю стану об'єкта / Л. Б. Ліщинська // *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*. – 2010. – Vol.1(7), № 4. – С. 27–36.
3. Кичак В. М. Синтез частотно-імпульсних елементів цифрової техніки : монографія / В. М. Кичак. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2005. – 266 с. – ISBN 966-641-137-7.
4. Філинюк М. А. Інформаційні пристрої на основі потенційно-нестійких багатоелектродних напівпровідникових структур Шотткі : монографія / М. А. Філинюк, О. М. Куземко, Л. Б. Ліщинська. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 274 с. – ISBN 978–966–641–332–4.
5. Филинюк Н. А. Основы анализа и синтеза информационных устройств на базе инжекционно-пролётных эффектов : автореф. дис. на соискание учён. степени доктора техн. наук : спец. 05.13.05 / Н. А. Филинюк ; Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова. – К., 1984. – 47 с.
6. Філинюк М. А. Основы негатроніки : Т. 1. Теоретичні і фізичні основи негатроніки : монографія / М. А. Філинюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – 456 с. – ISBN 966-641-198-9.
7. Філинюк М. А. Основы негатроніки : Т. 2. Прикладні аспекти негатроніки : монографія / М. А. Філинюк. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – 306 с. – ISBN 966-641-203-9.
8. Ліщинська Л. Б. Багатопараметричні узагальнені перетворювачі імітансу на основі однокристальних напівпровідникових структур : монографія / Л. Б. Ліщинська. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 244 с. – ISBN 978-966-641-464-2.
9. Знаменский А. Е. Активные RC-фильтры / А. Е. Знаменский, И. П. Теплюк. – М. : Связь, 1970. – 280 с.
10. Ионкин П. А. Синтез RC-схем с активными невзаимными элементами / П. А. Ионкин, В. Г. Миронов. – М. : Энергия, 1976. – 240 с.
11. Маклюков М. И. Инженерный синтез активных RC фильтров низких и инфранизких частот / М. И. Маклюков. – М. : Энергия, 1971. – 184 с.

12. Славский Г. Н. Активные RC и RCL-фильтры и избирательные усилители / Г. Н. Славский. – М. : Связь, 1960. – 216 с.
13. Филановский И. М. Схемы с преобразователями сопротивления / И. М. Филановский, А. Ю. Персианов, В. К. Рыбин. – Л. : Энергия, 1973. – 192 с.
14. Хейнлейн В. Е. Активные фильтры для интегральных схем / В. Е. Хейнлейн, В. Х. Холмс. – М. : Связь, 1980. – 656 с.
15. Хьюлсман Л. П. Активные фильтры / Л. П. Хьюлсман. – М. : Мир, 1972. – 318 с.
16. Арш Э. И. Автогенераторные измерения / Э. И. Арш. – М. : Энергия, 1976. – 136 с.
17. Болознев В. В. Функциональные преобразователи на основе связанных генераторов / В. В. Болознев. – М. : Радио и связь, 1982. – 88 с.
18. Баев Е. Ф. Миниатюрные электрические линии задержки / Е. Ф. Баев, Е. И. Бурылин. – М. : Сов. радио, 1977. – 248 с.
19. Схемотехника, моделирование и применение устройств с отрицательным сопротивлением / О. Н. Негоденко, К. Е. Румянцев, А. А. Зинченко, С. И. Липко. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 214 с. – ISBN 5-8327-0109-7.
20. Linvil J. G. A new RC filter employing active elements / J. G. Linvil // Proc. Nat. Electron. Conf. – 1953. – P. 342–352.
21. Персианов А. Ю. Фазочастотный корректор модема ТЧ на активных элементах / А. Ю. Персианов // ЛЭИС: 1974 : матер. научн.-техн. конф. – Л., 1974. – Вып. 2. – С. 40–41.
22. Бенинг Ф. Отрицательное сопротивление в электрических схемах / Ф. Бенинг. – М. : Сов. радио, 1975. – 288 с.
23. Арефьев А. А. Радиотехнические устройства на транзисторных эквивалентах р-п-р-п-структуры / А. А. Арефьев, Е. Н. Баскаков, Л. Н. Степанова. – М. : Радио и связь, 1982. – 104 с.
24. Будурис Ж. Цепи сверхвысоких частот / Ж. Будурис, П. Шеневье. – М. : Сов. радио, 1979. – 288 с.
25. Анализ и расчет интегральных схем / под ред. Д. Лина. – М. : Мир, 1969. – 370 с.
26. Ho R. Y. C. Save you tried active microwave filters / R. Y. C. Ho, D. K. Adams // Microwave, 1969. – Vol. 8, № 7. – P. 18.

27. Филинюк Н. А. Активные СВЧ фильтры на транзисторах / Н. А. Филинюк. – М. : Радио и связь, 1987. – 112 с.

28. А.с. 685113 СССР. МКИ H01P 1/18. Сверхвысокочастотный фильтр / Н. А. Филинюк, П. А. Молчанов. – № 2281560/28-7 ; заявл. 16.11.1977 ; опубл. 14.05.1979, Бюл. № 20. – 4 с.

29. А.с. 309420 СССР. МКИ H01P 1/18. Электронно-управляемый фазовращатель / В. С. Осадчук, Н. А. Филинюк. – № 1381550/25-9 ; заявл. 2.12.1969 ; опубл. 30.05.1971, Бюл. № 22. – 4 с.

30. Філінюк М. А. Аналіз і синтез інформаційних пристроїв на базі потенційно-нестійких узагальнених перетворювачів імітанса / М. А. Філінюк. – Вінниця : ВДТУ, 1998. – 85 с.

31. Ліщинська Л. Б. Визначення, класифікація і параметри багатопараметричних узагальнених перетворювачів імітансу / Л. Б. Ліщинська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – № 5. – С. 105–108.

32. Ліщинська Л. Б. Математична модель узагальненого перетворювача імітансу на базі трьохполюсника / Л. Б. Ліщинська // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2010. – Т. 15, № 3. – С. 165–171.

33. Кузьмин И. В. Основы теории информации и кодирования / И. В. Кузьмин, В. А. Кедрус. – К. : Вища школа, 1977. – 280 с.

34. AD8003. Triple, 1.5 GHz Op Amp. Analog Devices, Inc. One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A. – 2008. – 16 p.

35. Ferri G. Low-voltage low-power CMOS current conveyors / G. Ferri, N.C. Guerrini. – Springer, 2003. – 193 p. – ISBN 1402074867, 9781402074868.

36. Бергельсон И. Г. Транзисторы. Параметры, методы измерений и испытаний / И. Г. Бергельсон, Ю. А. Каменецкий, И. Ф. Николаевский. – М. : Советское радио, 1968. – 504 с.

37. Шварц Н. З. Система нестандартных S-параметров / Н. З. Шварц // Микроэлектроника и полупроводниковые приборы. – М.: Сов. радио, – 1976. – Вып. 1. – С. 302–310.

38. Шварц Н. З. Линейные транзисторные усилители СВЧ / Н. З. Шварц – М.: Сов. радио, 1980. – 368 с.

39. А. с. 1095102 СССР. МКИ G01R 27/28. Устройство для измерения параметров матрицы Y-проводимости четырехполюсника / Н. А. Филинук. – № 3487978/18–21 ; заявл. 19.08.1982 ; опубл. 30.05.1984, Бюл. № 20. – 4 с.

40. Лищинская Л. Б. Обоснование концепции «нечёткого иммитанса» / Л. Б. Лищинская // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2010. – № 1. – С. 20–25.

41. Zadeh L. A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility / L. A. Zadeh // Fuzzy Sets and Systems. – 1978. – Vol. 1, №. 1. – P. 3–28.

42. Babak I. Decomposition synthesis approach to design of RF and microwave active circuits / I. Babak // IEEE MTT-S Int. Microwave Sym.Dig. – 2001. – Vol. 2. – P. 1167–1170.

43. Ліщинська Л. Б. Методика синтезу таблиць перетворення імітансу багатопараметричних УПН / Л. Б. Ліщинська, М. А. Філінюк // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – №1. – С. 1–7. – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2011\\_1/2011-1.files/uk/11blgic\\_ua.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2011_1/2011-1.files/uk/11blgic_ua.pdf).

44. Бронштейн Н. Н. Справочник по математике / Н. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М. : Наука, 1957. – 608 с.

45. Куликовский А. А. Устойчивость активных линейризованных цепей с усилительными приборами новых типов / А. А. Куликовский. – М. : Госэнергоиздат, 1962. – 122 с.

46. А. с. 1335895 СССР. МКИ G01R 23/02. Способ определения коэффициента устойчивости четырёхполюсника / Н. А. Филинук. – № 3993491/24-09 ; заявл. 16.12.85 ; опубл. 23.11.87, Бюл. № 33. – 5 с.

47. Філінюк М. А. Метрологічні основи негatronіки : монографія. / М. А. Філінюк, Д. В. Гаврилов. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – 188 с. – ISBN 966–641–168–7.

48. Салех М. М. Журбан. Элементы и устройства автоматики на базе потенциально-неустойчивых двухзатворных полупроводниковых структур Шоттки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.05 / Салех М. М. Журбан. – Винница, 2007. – 20 с.

49. Лищинская Л. Б. Метод синтеза динамических негatronов на базе активных многополюсников / Л. Б. Лищинская, К. В. Огородник, Н. А. Филинук // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2009. – № 2. – С. 72–77.



50. Ліщинська Л. Б. Узагальнена математична модель ПТШ2 при включенні його по схемі (3132) / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 2. – С. 60–63.

51. Филинюк Н. А. Обобщенная математическая модель ПТШ2 при включении его по схеме (31И) / Н. А. Филинюк, Салех М. М. Журбан, А. М. Куземко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2006. – № 1(11). – С. 102–106.

52. Лищинская Л. Б. Математическая модель четырёхполюсника на базе ПТШ2, включённого по схеме с общими истоком и стоком / Л. Б. Лищинская // Актуальные проблемы физики. – Баку : АНУ, 2008. – Т. 2. – С. 61–63.

53. Пат. 53004 Україна, МПК G01R27/28. Спосіб вимірювання мінімально досяжного вхідного активного опору чотирьополісника / М. А. Філінюк, Д. В. Гаврілов ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u2002010719 ; заявл. 29.01.02 ; опубл. 15.01.03, Бюл. № 1. – 5 с.

54. Ліщинська Л. Б. Математична модель N-каскадного з'єднання багатопараметричних УПН / Л. Б. Ліщинська // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2011. – № 1(20). – С. 24–29.

55. Лищинская Л. Б. Графоаналитический метод оценки эффективности комбинированных управляющих элементов на основе многопараметрических обобщенных преобразователей иммитанса / Л. Б. Лищинская // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – № 2. – С. 67–72.

56. Гусятинер М. С. Полупроводниковые сверхвысокочастотные диоды / М. С. Гусятинер, А. И. Горбачев – М. : Радио и связь. – 1983. – 224 с.

57. Філінюк М. А. Методи та засоби вимірювання параметрів потенційно-нестійких чотирьополісників: монографія. / М. А. Філінюк, К. В. Огородник, Л. Б. Ліщинська. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 176 с. – ISBN 978-966-641-342-3.

58. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 42792, 19.03.2012. Комп'ютерна програма «Ефективність керування комбінованих елементів на основі однокристалльного узагальненого перетворювача імітансу» / Ліщинська Л. Б., Войцеховська О. В., Войцеховська О. В., Барабан М. В., Філінюк Н. А. : авторські майнові права – ВНТУ.

59. Смит Ф. Круговые диаграммы в радиоэлектронике / Ф. Смит ; пер. с англ. М. Н. Бергера, Б. Ю. Капилевича. – М. : Сов. радио, 1976. – 142 с.

60. Негатроника / [Серьезнов А. Н., Степанова Л. Н., Гаряинов С. А. и др.] ; под. ред. Л. Н. Степановой. – Новосибирск : Наука, 1995. – 315 с. – ISBN 5-02-031140-5.

61. Филинюк Н. А. Полупроводниковые индуктивности для СВЧ-диапазона / Н. А. Филинюк, А. М. Куземко, Салех М. М. Журбан. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. – № 5. – С. 9–13.

62. Design and simulation of active spiral inductors for RF integrated circuits / G. D'Angelo, A. Granchi, A. Monochio, B. Neri // IEEE Antennas and Propagat. Soc. Int. Symposium. – 1999. – Vol. 3. – P. 1836–1839.

63. Осадчук В. С. Индуктивный эффект в полупроводниковых приборах / В. С. Осадчук. – К. : Вища школа, 1987. – 155 с.

64. Интегральные полупроводниковые аналоги индуктивности / С. И. Липко, О. Н. Негоденко, А. Н. Серьезнов, Л. Н. Степанова // Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника. – 1990. – Вып. 5. – С. 8–13.

65. Ліщинська Л. Б. Інформаційні пристрої на основі одноперехідної транзисторної структури / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан // Наукові праці ВНТУ. – 2010. – № 1. – С. 1–5. – Режим доступу: [http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vntu/2010\\_1/2010-1.files/uk/10lbluts\\_ua.pdf](http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vntu/2010_1/2010-1.files/uk/10lbluts_ua.pdf).

66. Пат. 49747 Україна, МПК G01R 27/28. Напівпровідникова індуктивність / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк : заявник і патентовласник ВНТУ. – № u200911676 ; заявл. 16.11.2009 ; опубл. 11.05.2010, Бюл. № 9. – 4 с.

67. Пат. 17276 Україна, МПК H03H 11/00. Схемотехнічний аналог котушки індуктивності / М. А. Філінюк, О. М. Куземко, Л. Б. Ліщинська ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u200603492 ; заявл. 31.03.2006 ; опубл. 15.09.2006, Бюл. № 9. – 6 с.

68. Дослідження температурної стабільності еквівалента індуктивності на основі одноперехідної транзисторної структури / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, Р. Ю. Чехместрук, М. А. Філінюк //

Вісник національного технічного університету «ХПІ». – 2011. – № 11. – С. 94–99.

69. Пат. 42867 Україна, МПК H03H 3/00. Реактивний елемент / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк : заявник і патентовласник ВНТУ. – № u200901538 ; заявл. 27.07.2009 ; опубл. 12.01.2009, Бюл. № 14. – 4 с.

70. Філінюк М. А. Активні НВЧ фільтри на базі двозатворних транзисторів Шоттки / М. А. Філінюк, О. М. Куземко, Салех М. М. Журбан, Л. Б. Ліщинська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2006. – № 3. – С. 43–53.

71. Пат. 38679 Україна, МПК H03H 11/00. Активний коливальний контур / М. А. Філінюк, М. В. Барабан, Л. Б. Ліщинська ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u200808335 ; заявл. 20.06.2008 ; опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1. – 4 с.

72. Пат. 44300 Україна, МПК G01R 27/28. Коливальний контур / Л. Б. Ліщинська, С. В. Мірошникова, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u200904771 ; заявл. 15.05.2009 ; опубл. 25.09.2009, Бюл. № 18. – 4 с.

73. Пат. 45889 Україна, МПК G01R 27/28. Активний фільтр / Л. Б. Ліщинська, С. В. Мірошникова, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u200907332 ; заявл. 13.07.2009 ; опубл. 25.11.2009, Бюл. № 22. – 4 с.

74. Лазарев О. О. Використання С-негатронів для збільшення коефіцієнта покриття ємності варикапів / О. О. Лазарев, Л. Б. Ліщинська, С. В. Мірошникова // Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування : матер. IV міжнар. наук.–техн. конф. : (8–10 жовтня 2009 р., Вінниця) / ВНТУ. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – Ч. 1. – С. 88.

75. Розподілена система збору і обробки інформації на базі інтелектуальних портативних приладів / В. О. Романов, І. Б. Галелюка, В. М. Груша, П. П. Чернега // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2009. – № 8. – С. 64–72.

76. Новицкий П. В. Цифровые приборы с частотными датчиками / П. В. Новицкий, В. Г. Кнорринг, В. С. Гутников. – Л.: Энергия, 1970. – 424 с.

77. Войтович І. Д. Інтелектуальні сенсори / І. Д. Войтович, В. М. Корсунський. – К. : Вид-во Ін-ту кібернетики НАНУ, 2007. – 514 с. – ISBN 978-966-02-4485-6.
78. Negatron-based inductive sensors / L. B. Lishchinska, S. V. Mirosnikova, M. V. Varaban, N. A. Filinyuk // Вісник Черкаського державного технічного університету. – 2009. – Спецвип. – С. 60–62.
79. Ліщинська Л. Б. Генераторні сенсори на базі негatronів / Л. Б. Ліщинська, С. В. Мірошникова, М. А. Філінюк // Оптико–електронні інформаційно–енергетичні технології. – 2009. – № 2(18). – С. 186–194.
80. Филинюк Н. А. Критерий эффективности информационных устройств преобразования и управления / Н. А. Филинюк // Приборостроение. Изв. вузов СССР. – 1984. – №3. – С. 3–8.
81. Новицкий П. В. Основы информационной теории измерительных устройств / П. В. Новицкий. – Л.: Энергия, 1968. – 245с.
82. Ліщинська Л. Б. Функціональний синтез двохпараметричних генераторних датчиків / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова // Вісник СевНТУ. – Севастополь : СевНТУ, 2011. – Вип. 114. – С. 168–171.
83. Физико-технологические и схемотехнические основы негatronики / А. М. Пашаев, Ф. Д. Касимов, О. Н. Негоденко, Н. А. Филинюк. – Баку : Элм, 2008. – 433 с.
84. Филинюк Н.А. Физические основы негatronики / Н. А. Филинюк. – Винница : ВГТУ, 2003.– 79 с.
85. RFID-технология радиочастотной идентификации. – Режим доступа: [http:// www.datakrat.ru/tehnologii\\_3.html](http://www.datakrat.ru/tehnologii_3.html).
86. Фёдоров М. Стандарты и тенденции развития RFID-технологий / М. Фёдоров. – Режим доступа: [http:// www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/06\\_01/stat\\_rfid.htm](http://www.compitech.ru/html.cgi/arhiv/06_01/stat_rfid.htm).
87. Дшхунян В. Л. Электронная идентификация. Безконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты / В. Л. Дшхунян, В. Ф. Шаньгин. – М. : NT Press, 2004. – 695 с. – ISBN 5-17-026327-9.
88. Філінюк М. А. Елементи та пристрої автоматики на основі нелінійних властивостей динамічних негatronів. / М. А. Філінюк, О. В. Войцеховська. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 188 с. – ISBN 978-966-641-250-1.

89. Гаряинов С. А. Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением. / С. А. Гаряинов, И. Д. Абезгауз. – М. : Энергия, 1970. – 320 с.

90. Тагер А. С. Зависимость амплитудных характеристик регенеративного СВЧ-усилителя от нелинейных свойств активного элемента / А. С. Тагер, М. Ю. Канцеров // Радиотехника и электроника. – 1976. – Т. XXI, № 2. – С. 350–357.

91. Андреев В. С. Влияние нелинейных свойств прибора с отрицательным сопротивлением на мощность генерируемых колебаний / В. С. Андреев // Радиотехника. – 1982. – Т. 37, № 8. – С. 43–44.

92. Молчанов П. А. Чисельні методи в інженерній діяльності : навч. посіб. / П. А. Молчанов, О. В. Войцеховська. – Вінниця : ВДГУ, 1998. – 53 с.

93. Пат. 54733 Україна, МПК G01R 11/02. Дистанційний лічильник витрат електричної енергії / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, О. О. Лазарев, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201004696 ; заявл. 20.04.2010 ; опубл. 25.11.2010, Бюл. № 22. – 6 с.

94. Полуактивный радиочастотный датчик контроля расхода электроэнергии / Л. Б. Лищинская, А. А. Лазарев, М. В. Барабан, Н. А. Филинук // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2012. – № 2. – С. 3–7.

95. Пат. 51011 Україна, МПК H03K 19/20. Логічний елемент / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000921 ; заявл. 29.01.2010 ; опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12. – 4 с.

96. Пат. 57679 Україна, МПК H01L 31/04. Резистивний генераторний датчик / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, М. В. Барабан, С. Є. Фурса, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201009563 ; заявл. 30.07.2010 ; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5. – 6 с.

97. Оптоэлектронный генераторный сенсор на базі двохпараметричного УПІ / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, С. Є. Фурса, М. А. Філінюк // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2010. – № 2(20). – С. 219–224.

98. Пат. 50131 Україна, МПК G01R 27/00. Генераторний сенсор /

Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк; заявник і власник Вінницький національний технічний університет. – №u200912677 ; заявл. 07.12.09 ; опубл. 25.05.10., Бюл. № 10. – 4 с.

99. Ліщинська Л.Б. Індуктивно-резистивний генераторний датчик / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, М. А. Філінюк. // *Sensor Electronics and Microsystem Technologies*. – 2012. – Vol. 3(9), № 2. – С. 12–18.

100. Ліщинська Л. Б. Невизначена матриця провідності N-полюсника з послідовними опорами у ланцюзі кожного полюса / Л. Б. Ліщинська // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2010. – № 4. – С. 83–89.

101. Філінюк М. А. Активні УВЧ і НВЧ фільтри : монографія / М. А. Філінюк, Л. Б. Ліщинська. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 396 с. – ISBN 978-966-641-376-8.

102. Пат. 61183 Україна, МПК G01R 27/02. Двопараметричний індуктивно-резистивний генераторний датчик / Ліщинські Л. Б., Рожкова Я. С., Філінюк М. А.; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – № u201015660 ; заявл. 24.12.10 ; опубл. 11.07.11., Бюл. № 13. – 4 с.

103. Філінюк Н. А. Полупроводниковый умножитель индуктивности / Н. А. Філінюк, А. М. Куземко, И. В. Булыга // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2007. – Т. 1(93), № 3. – С. 150–152.

104. Ліщинська Л. Б. Оптимізація параметрів помножувача індуктивності / Л. Б. Ліщинська, І. В. Булига, О. В. Войцеховська // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2008. – №2. – С. 81–87.

105. Лищинская Л. Б. Исследование умножителя индуктивности на полевом транзисторе Шоттки / Л. Б. Лищинская, С. В. Мирошникова // *Настоящи постижения на европейската наука – 2009. : матер. V межнар. науч.-практ. конф. (17–25 июня 2009 г., София)*. – София : Бял ГРАД–БГ ООД, 2009. – Т. 10. – С. 31–34.

106. Лищинская Л. Б. Исследование умножителя индуктивности на биполярном транзисторе / Л. Б. Лищинская, С. В. Мирошникова // *Aktualne problemy nowoczesnych nauk – 2009 : матер. V межнар. науч.-практ. конф. (07–15 червня 2009 г.)*. – Przemysl : Nauka i studia, 2009. – Vol. 22. – P. 50–54.

107. Аналіз коефіцієнта добротності помножувача індуктивності /

Л. Б. Ліщинська, О. В. Войцеховська, О. О. Лазарев, М. А. Філінюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 4. – С. 87–90.

108. Ліщинська Л. Б. Імітансна логіка / Л. Б. Ліщинська, М. А. Філінюк // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2010. – № 2(18). – С. 25–31.

109. Ліщинська Л. Б. Синтез імітансних логічних R-елементів / Л. Б. Ліщинська // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2010. – № 1(19). – С. 13–23.

110. Ліщинська Л. Б. Оцінка основних параметрів імітансних логічних елементів / Л. Б. Ліщинська // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2011. – № 3 (22). – С. 45–52.

111. Лищинская Л. Б. Основы построения оптоимитансной логики / Л. Б. Ліщинська // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2011. – № 2(22). – С. 89–95.

112. Пат. 50278 Україна, МПК Н03К 19/20. Радіочастотний логічний елемент / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000346 ; заявл. 15.01.2010 ; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10. – 4 с.

113. Пат. 51961 Україна, МПК Н03К 19/00. Радіочастотний логічний елемент / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000919 ; заявл. 29.01.2010 ; опубл. 10.08.2010, Бюл. № 15. – 4 с.

114. Кнорре К. Г. Фазовые и частотные СВЧ элементы / К. Г. Кнорре, В. М. Тузов, Г. И. Шур. – М. : Сов. радио, 1975. – 352 с.

115. Нейман М. С. О сверхвысокочастотной вычислительной прерывной автоматике / М. С. Нейман // Электронные радиоимпульсные вычислительные системы дискретного действия. Труды МАИ. – 1962. – Вып. 149. – С. 3–8.

116. Молчанов А. А. Проектирование многофункциональных интегральных схем / А. А. Молчанов, В. П. Волкогонов, Ю. Х. Лоза, Г. Н. Яковега. – К. : Техніка, 1984. – 143 с.

117. А.с. 963132 СССР. МКИ Н03К 19/00. Радіочастотний логічний елемент / Н. А. Філінюк, Ю. Г. Калиниченко. № 2000132028/28 ; – заявл. 25.09.84; опубл. 23.11.82, Бюл. № 36. – 5 с.

118. Оптоэлектронная схемотехника / В. П. Кожемяко, О. Г. Натрошвили, Т. Б. Мартынюк, Л. Ш. Имнаишвили. – К. : УМК, 1988. – 276 с.

119. Деспотули А. Л. Перспективы развития в России глубоко субвольтовой наноэлектроники и связанных с ней технологий / А. Л. Деспотули, А. В. Андреева // Интеграл. – 2008. – № 1. – С. 1–11.
120. Сигорский В. П. Основы теории электротехнических схем / В. П. Сигорский, А. И. Петренко. – К. : Техника, 1967. – 609 с.
121. Недолужко И. Г. Однопереходные транзисторы / И. Г. Недолужко, Е. Ф. Сергиенко. – М. : Энергия, 1974. – 102 с.
122. Пат. 50267 Україна, МПК H03K 19/20. Логічний елемент / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000021 ; заявл. 11.01.2010 ; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10. – 4 с.
123. Пат. 51012 Україна, МПК H03K 19/20. Імітансний логічний елемент «АБО» / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000922 ; заявл. 29.01.2010 ; опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12. – 4 с.
124. Пат. 51409 Україна, МПК H03K 3/42. Імітансний RS-тригер / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201001810 ; заявл. 19.02.2010 ; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13. – 6 с.
125. Пат. 51410 Україна, МПК H03K 3/42. Імітансний RS-тригер / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201001814 ; заявл. 19.02.2010 ; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13. – 6 с.
126. Lee T. H. From Oxymoron to Mainstream: The Evolution and Future of RF CMOS / T. H. Lee // IEEE International Workshop, RFIT-Radio-Frequency Integration Technology. – 2007. – № 12. – P. 1–6.
127. Николаев И. М. Интегральные микросхемы и основы их проектирования. / И. М. Николаев, Н. А. Филинчук. – М. : Радио и связь, 1992. – 424 с.
128. Музыка З. Н. Чувствительность радиоприемных устройств на полупроводниковых приборах / З. Н. Музыка. – М. : Радио и связь, 1981. – 168 с.
129. Rollett J. Stability and power gain invariants of linear two-ports / J. Rollett // IRE Trans. Circuit Theory. – 1962. – Vol. CT-9, № 3. – P. 29–32.



130. Feng M. Light-emitting transistor: light emission from InGaP/GaAs heterojunction bipolar transistors / M. Feng, N. Holonyak // *Appl. Phys. Lett.* – 2004. – Vol. 84, № 1. – P.151.
131. Ion-Implanted GaAs MESFETs with Low Cost Production Process / W. Masataka, F. Daiji, Y. Hiroshi, N. Shigeru // *IEEE Tech. Rep.* – 2007. – Vol. 107, № 95. – P. 1–5.
132. Войцеховська О. В. Проектування генераторних пристроїв на основі нелінійних властивостей динамічного негatrona на польовому транзисторі / О. В. Войцеховська, Л. Б. Ліщинська, М. А. Філінюк // *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія.* – 2008. – № 1 (11). – С. 140–145.
133. Ліщинська Л. Б. Ефективність комбінованих керованих елементів на основі однокристалного узагальненого перетворювача іммітансу / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, М. А. Філінюк // *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології.* – 2011. – № 1(21). – С. 69–75.
134. Пат. 71412 Україна, МПК Н03К 19/20. Оптоімітансний логічний елемент «І» / Л. Б. Ліщинська, С. Є. Фурса, О. О. Лазарєв, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201200213 ; заявл. 06.01.12 ; опубл. 10.07.12., Бюл. № 13. – 2 с.
135. Пат. 71411 Україна, МПК Н03К 19/20. Оптоімітансний логічний елемент «АБО» / Л. Б. Ліщинська, С. Є. Фурса, О. О. Лазарєв, М. А. Філінюк ; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201200212 ; заявл. 06.01.12 ; опубл. 10.07.12., Бюл. № 13. – 2 с.
136. Філінюк М. А. Оптонегатроніка : монографія / М. А. Філінюк, С. Є. Фурса. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с. – ISBN 978-966-641-440-6.
137. Касимов Ф. Д. Физико-технические особенности проектирования кремниевых микроселектронных преобразователей на основе негatronов / Ф. Д. Касимов, Ф. Г. Агаев, Н. А. Філінюк. – Баку: Элм, 1999. – 234 с. – ISBN 5-8066-1066-7.
138. Dostal T. Current conveyor CСII with connected ports Y-Z / T. Dostal, V. Axman // *In proceeding of 17th international conference Radioelectronika-2007, Brno (Czech Republic).* – 2007. – P. 47–50.

*Наукове видання*

**Ліщинська Людмила Броніславівна**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ПРИСТРОЇ  
НА ОСНОВІ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ  
УЗАГАЛЬНЕНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІМІТАНСУ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал-макет підготовлено Л. Ліщинською

Підписано до друку 11.01.2013 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. др. арк. 12,65  
Наклад 100 прим. Зам № 2013-004

Вінницький національний технічний університет,  
КІВЦ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті,  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-81-59

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

