

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

На правах рукопису

ТКАЧУК ЯНА СЕРГІЇВНА

УДК 621.38

БАГАТОКАСКАДНІ УЗАГАЛЬНЕНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ІМІТАНСУ ТА
ГЕНЕРАТОРНІ ДАВАЧІ НА ЇХ ОСНОВІ

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник:
Ліщинська Людмила Броніславівна,
д. т. н., доцент

Вінниця – 2015

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДОСЯГНЕНЬ У ГАЛУЗІ РЕАЛІЗАЦІЇ І ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІМІТАНСУ	13
1.1 Визначення, класифікація та основні параметри перетворювачів імітансу	13
1.2 Аналіз методів і засобів реалізації перетворювачів імітансу	20
1.2.1 На операційних підсилювачах	21
1.2.2 На конвеєрах струму	22
1.2.3 На напівпровідникових пристроях	25
1.3 Аналіз сучасних досягнень у галузі реалізації інформаційних пристроїв на ПІ	28
1.3.1 Активні фільтри	29
1.3.2 Помножувачі індуктивності	34
1.3.3 Логічні елементи	37
1.3.4 Радіочастотні давачі	40
1.4 Оцінка ефективності базових елементів радіочастотних давачів	44
1.4.1 Обґрунтування критерію ефективності	44
1.4.2 Порівняльна оцінка ефективності	47
Висновки та постановка задач дослідження	48
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ БАГАТОКАСКАДНИХ УЗАГАЛЬНЕНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІМІТАНСУ	49
2.1 Математична модель багатокаскадного узагальненого перетворювача імітансу, утвореного комбінацією N триполіусників	49
2.2 Математична модель двокаскадного багатопараметричного узагальненого перетворювача імітансу	52
2.3 Обґрунтування математичної моделі трьохелектродної напівпровідникової структури	55

2.4 Математична модель двопараметричного узагальненого перетворювача імпедансу на польовій транзисторній структурі	59
2.5 Перевірка коректності математичної моделі двокаскадного багатопараметричного узагальненого перетворювача імпедансу	63
Висновки	67
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОПАРАМЕТРИЧНИХ УЗАГАЛЬНЕНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ІМПЕДАНСУ НА ПОЛЬОВОМУ ТРАНЗИСТОРІ	68
3.1 Дослідження параметрів імпедансного кола двопараметричного узагальненого перетворювача імпедансу на польовому транзисторі	68
3.1.1 Розробка експериментальної установки	71
3.1.2 Адмітансні параметри двопараметричних узагальнених перетворювачів імпедансу на основі польового транзистора	73
3.1.3 Параметри імпедансного кола двопараметричного УПІ на основі ПТ, включеного за схемою зі спільним стоком	75
3.1.4 Параметри імпедансного кола двопараметричного УПІ на основі ПТ, включеного за схемою зі спільним витокм	85
3.1.5 Параметри імпедансного кола двопараметричного УПІ на основі ПТ, включеного за схемою зі спільним затвором	92
3.2 Дослідження внутрішнього інваріантного коефіцієнта стійкості узагальненого перетворювача імпедансу на основі ПТ	101
3.3 Дослідження «якості» багатопараметричного узагальненого перетворювача імпедансу на ПТ	106
3.4 Висновки	112
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРНИХ ДАВАЧІВ	114
4.1 Обґрунтування принципів побудови генераторних давачів на основі двопараметричних узагальнених перетворювачів імпедансу	114
4.2 Синтез таблиць перетворення імпедансу багатопараметричних узагальнених перетворювачів імпедансу	116

4.3	Метод оптимізації параметрів радіочастотних давачів на основі узагальненого перетворювача імітансу	123
4.3.1	Розробка методу оптимізації параметрів давачів, утворених комбінацією УПП та ПВП	124
4.3.2	Оптимізація параметрів генераторних давачів на основі узагальненого перетворювача імітансу	130
4.4	Розробка і дослідження багатопараметричних генераторних давачів	133
4.4.1	Двопараметричний індуктивний генераторний давач	134
4.4.2	Двопараметричний індуктивно-ємнісний генераторний давач	136
4.4.3	Двопараметричний резистивний генераторний давач	137
4.4.4	Двопараметричний резистивно-ємнісний генераторний давач	138
4.4.5	Резистивний частотний давач	139
4.4.6	Двопараметричний індуктивно-резистивний генераторний давач	145
4.5	Розробка математичної моделі і дослідження трипараметричного генераторного давача	154
4.6	Аналіз чутливості генераторних давачів на основі багатопараметричних багатокаскадних узагальнених перетворювачів імітансу	168
4.7	Застосування розроблених багатопараметричних давачів в інформаційно-вимірювальних системах	181
	Висновки	185
	ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ	187
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	191
	ДОДАТОК Акти впровадження	213

ВСТУП

Актуальність теми. Прогрес розвитку сучасного суспільства визначається успіхами у розвитку комп'ютерних та інформаційно-вимірювальних систем і компонентів. Однак, нерідко одержання високих технічних характеристик досягається за рахунок підвищення їх складності, габаритів, маси і вартості. Для подальшого вдосконалення розроблюваних компонентів інформаційно-вимірювальних систем необхідно здійснювати подальше вдосконалення теорії побудови та пошук нових принципів фізичної реалізації таких пристроїв, які відрізняються багатofункціональністю, малим споживанням енергії та високою чутливістю.

На сучасному етапі розвитку елементної бази до перспективних відносяться перетворювачі опору, які мають комплексний коефіцієнт перетворення імітансу. Такі пристрої одержали назву узагальнені перетворювачі імітансу (УПІ) [1]. Вперше перетворювачі опору були реалізовані на основі електронних ламп [2], а їх теорія базувалася на властивостях чотиріполюсників, охоплених зворотним зв'язком [3]. Такі перетворювачі імпедансу не знайшли широкого застосування через певні недоліки, притаманні електронним лампам. У 50- 60 роках минулого сторіччя розпочався новий виток у розвитку теорії схемотехнічних перетворювачів опору, який ґрунтувався на використанні транзисторів. Найширше застосування такі перетворювачі отримали при створенні активних РС-фільтрів [4]. Подальшим їх розвитком стало використання операційних підсилювачів та конвеєрів струму, але їх частотний діапазон обмежувався частотами 1 – 3 ГГц. Введення М. А. Філінюком поняття узагальненого перетворювача імітансу [1] дозволило реалізовувати будь-яку функцію імітансу, а застосування біполярних та польових транзисторів [5] (за рахунок використання їх внутрішнього зворотного зв'язку) як однокристальних перетворювачів дозволило вирішити проблему покращення параметрів добротності та вибіркової пристроїв із ростом частоти, а також розширити

діапазон використання перетворювачів імітансу до діапазону частот роботи сучасних транзисторів (100 – 200 ГГц). На сьогоднішній день УПІ використовуються при побудові різного роду давачів, активних УВЧ і НВЧ фільтрів, комутаторів і вимикачів, фазообертачів, перетворювачів частоти, тощо. УПІ є перспективними елементами для побудови на їх основі різних інформаційних пристроїв, оскільки дозволяють покращити їх технологічність, чутливість та розширити їх функціональні можливості.

Значний внесок у розробку теорії УПІ та принципів побудови інформаційних пристроїв на їх базі зробили такі вчені як Дж. Лінвіл (J. G. Linvill), А. Антоніу (A. Antoniou), В. Е. Хейнлейн, А. С. Седра (A. S. Sedra), А. С. Коротков, А. В. Розов, Л. І. Бабак, М. А. Філінюк, Л. Б. Ліщинська, В. С. Осадчук та ін. В наукових роботах цих вчених узагальнені результати як теоретичних, так і практичних досліджень різних видів УПІ та їх застосування. Кожна публікація цих авторів зробила значний внесок в розвиток інформаційних систем. Однак, аналіз публікацій щодо реалізації та застосування УПІ показав, що вони, загалом, використовуються в «однопараметричному» режимі, коли перетворений імітанс є функцією лише одного параметра, що значно обмежує функціональні можливості інформаційних пристроїв, розроблених на їх основі. Багатопараметричні однокристалні УПІ_N мають ширші функціональні можливості, а основи теорії їх побудови частково розглянуті в монографії Ліщинської Л. Б. [6]. Однак у теперішній час відсутні систематичні дослідження їх властивостей при каскадному з'єднанні багатопараметричних УПІ_N, зокрема недосліджені питання стійкості, чутливості, їх поведінки у ВЧ діапазоні. А ці властивості відкривають нові можливості реалізації високоефективних компонентів інформаційно-вимірвальних систем, зокрема, радіочастотних давачів. З огляду на це, тема даної дисертаційної роботи, яка присвячена багатокаскадним узагальненим перетворювачам імітансу та розробці генераторних давачів на їх основі, є актуальною науково-практичною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота відповідає координаційному плану науково-дослідної роботи Міністерства освіти і науки України за напрямом 6 – інформатика, автоматизація і приладобудування. Робота виконана на кафедрі проектування комп'ютерної і телекомунікаційної апаратури Вінницького національного технічного університету у рамках держбюджетних тем: «Аналіз і синтез R-, L-, C-негатронів на базі інжекційно-польових ефектів в багатоелектродних напівпровідникових структурах Шотткі та створення на їх основі високоефективних інформаційних пристроїв» (№ держ. реєстрації 0108U000660); «Розробка теоретичних основ побудови та створення енергозберігаючих інформаційних пристроїв на базі багатопараметричних узагальнених перетворювачів імітансу» (№ держ. реєстрації 0111U001112); «Розробка інформаційних пристроїв і засобів оцінювання джитеру на базі принципів нечіткого імітанса та цифрової обробки сигналів» (№ держ. реєстрації 0114U003463).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є покращення технічних характеристик (підвищення чутливості та розширення функціональних можливостей) компонентів інформаційно-вимірювальних систем за рахунок використання каскадного з'єднання багатопараметричних узагальнених перетворювачів імітансу на основі польової транзисторної структури.

Для досягнення поставленої мети у роботі поставлені і вирішуються **задачі:**

- аналіз сучасних досягнень у галузі реалізації і застосування перетворювачів імітансу;
- розробка математичної моделі багатокаскадних УПН з урахуванням електричних параметрів польової транзисторної структури;
- дослідження двопараметричних УПН, реалізованих на основі польового транзистора;
- розробка і дослідження радіочастотних давачів на основі багатопараметричних багатокаскадних УПН.

Об'єктом дослідження є процес перетворення інформаційних сигналів у засобах обробки інформації з частотним поданням.

Предметом дослідження є багатопараметричні багатокаскадні УПН, реалізовані на основі польової транзисторної структури.

Методи дослідження базуються на використанні: теорії матриць та теорії комплексних чисел для розробки математичної моделі багатокаскадного УПН, утвореного комбінацією N триполісників; теорії конформних відображень для дослідження параметрів імітансного кола багатопараметричних узагальнених перетворювачів імітансу; теорії стійкості для визначення умов стійкості двопараметричних УПН на основі польового транзистора; теорії перетворювачів імітансу для дослідження робочих параметрів УПН; теорії аналізу електронних схем для визначення основних параметрів генераторних давачів на базі польового транзистора; теорії синтезу таблиць перетворення імітансу для побудови таблиць перетворення імітансу багатопараметричних однокристальних УПН; теорії планування експерименту і комп'ютерного моделювання для перевірки отриманих результатів.

Наукова новизна одержаних результатів. У роботі отримано такі наукові результати:

1. Вперше запропоновано метод оптимізації параметрів радіочастотних давачів на основі узагальнених перетворювачів імітансу, який забезпечує досягнення давачем максимальної чутливості в зоні як абсолютної стійкості, так і потенційної нестійкості УПН, що дозволяє використовувати його для побудови як генераторних, так і підсилюючих давачів.

2. Вперше розроблено математичну модель трипараметричного генераторного давача на базі двокаскадного УПН, реалізованого на ПТ, яка описує взаємозв'язок параметрів давача з параметрами УПН і первинних вимірювальних перетворювачів, що дозволяє провести аналіз чутливості давача.

3. Отримала подальшого розвитку математична модель багатокаскадного УПН, утвореного комбінацією N триполісників, яка відрізняється від

існуючих тим, що враховує електричні параметри польової транзисторної структури та описує залежність перетвореної провідності багатокаскадного УПН як від кількості каскадів N , так і від значень перетворюваних опорів $(Z_0 \dots Z_N)$, що дозволяє провести розрахунки різних видів інформаційних пристроїв, утворених каскадним з'єднанням триполюсників.

Практичне значення одержаних результатів. Використання одержаних результатів дозволяє покращити технічні характеристики існуючих інформаційних пристроїв та розробити нові високоефективні пристрої на основі багатопараметричних багатокаскадних УПН.

1. Досліджено параметри двопараметричних УПН на базі польового транзистора, що дозволило визначити їх чутливість до дестабілізуючих факторів, умови їх потенційної нестійкості та розробити однокристалні генераторні давачі на основі таких УПН.

2. На основі одержаних теоретичних положень розроблено принципові електричні схеми двопараметричних і трипараметричних генераторних давачів та досліджено їх основні параметри. Розроблені давачі придатні до виготовлення у вигляді інтегральної мікросхеми у широкому діапазоні частот та мають високу чутливість за рахунок того, що вихідний сигнал є функцією відповідно двох і трьох змінних.

3. Проведено аналіз чутливості давачів на основі двох каскадів багатопараметричних УПН, що дозволяє здійснити пошук найбільш оптимальних комбінацій каскадів багатопараметричних УПН з точки зору досягнення максимальної чутливості давача.

4. Розроблено програмне забезпечення для визначення основних параметрів розробленої автором моделі індуктивно-резистивного генераторного давача, яке може бути використане для їх інженерного розрахунку.

Результати досліджень впроваджені і використовуються у науково-виробничому підприємстві «ВТН» (м. Вінниця, акт від 17.09.2015 р.) та в навчальному процесі у Вінницькому національному технічному університеті на

кафедрі проектування комп'ютерної та телекомунікаційної апаратури при вивченні дисциплін «Основи негatronіки» та «Пристрої на елементах з від'ємним опором» (м. Вінниця, акт від 09.09.2015 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі результати, що складають основний зміст роботи, отримані автором самостійно. У публікаціях, написаних у співавторстві, автору належать: аналіз якості однокристальних конверторів імітансу [7, 8]; синтез таблиць перетворення імітансу для двопараметричних УПІ на основі польового транзистора [9, 11 – 13]; формулювання вимог до багатопараметричних радіочастотних давачів [14, 26]; розробка конструкції оптоелектронного генераторного сенсора [15, 16]; розробка електричної принципової схеми давача [17 – 21, 30]; розробка топології схеми давача [22, 34]; дослідження основних параметрів двопараметричного генераторного давача [24, 25]; дослідження параметрів імітансного кола двопараметричного УПІ на основі польового транзистора [27]; розробка математичної моделі трипараметричного генераторного давача на базі двокаскадного УПІ_N [28, 30]; розвиток методу оптимізації параметрів генераторних давачів, утворених комбінацією УПІ та ПВП [31]; аналіз чутливості давачів на основі двох каскадів багатопараметричних УПІ [32]; розробка електричної принципової схеми давача [33]; розробка програмного модулю розрахунку параметрів давача [35]; розробка математичної моделі багатопараметричних багатокаскадних УПІ_N на основі польової транзисторної структури [36, 37].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і наукові результати роботи доповідались і обговорювались на науково-технічних конференціях: «Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія», (Вінниця, 2010 р.); «Photonics-ODS 2010», (Вінниця, 2010 р.); «Современные информационные и электронные технологии», (СИЭТ-2011 р.), (Одеса, 2011 р.); «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», (Харків, 2011 р.); «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» (Харків, 2012 р.); «Датчики, приборы и системы – приборостроение 2013» (Ялта, 2013 р.);

«Сенсорна електроніка і мікросистемні технології» (СЕМСТ-2014), (Одеса, 2014 р.), щорічних конференціях професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ, (Вінниця, 2013-2014 рр.).

А також результати роботи були апробовані на Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт 2010/2011 рр. за напрямком «Радіотехніка» (Харків, 2011 р.) та Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт 2011/2012 рр. за напрямком «Електроніка» (Херсон, 2012 р.).

Публікації. За тематикою досліджень опубліковано 31 наукову працю, серед них 10 статей у виданнях, що входять до переліку фахових видань [7, 11, 15, 22, 24, 27, 28, 31, 32, 37], з яких 6 опубліковано у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз [14, 22, 24, 27, 28, 32], 2 публікації у зарубіжних виданнях [12, 34], 11 тез доповідей [8 – 10, 13 – 14, 16, 23, 25, 26, 30, 36], 6 патентів України на корисну модель [17 – 21, 29], 1 патент України на винахід [33] та одне свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір [35].

Обсяг і структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, що містять 108 рисунків і 10 таблиць, висновків по роботі, списку використаних джерел з 201 найменування та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 215 сторінок, з яких основний зміст викладено на 148 сторінках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Филинчук Н. А. Активные СВЧ фильтры на транзисторах / Н. А. Филинчук. – м.: Радио и связь, 1987. – 112 с.
2. Бенинг Ф. Отрицательное сопротивление в электронных схемах / Ф. Бенинг – М.: Сов. радио , 1975. – 288 с.
3. Бессонов Л. А. Линейные электрические цепи / Л. А. Бессонов. – М.: Высш. шк., 1983. – 336 с.
4. Хейнлейн В. Е. Активные фильтры для интегральных схем. Основы и методы проектирования / В. Е. Хейнлейн, В. Х. Холмс. – М.: Связь, 1980. – 656 с.
5. Філінчук М.А. Основи негatronіки. Т.1: Теоретичні і фізичні основи негatronіки.–Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 455с. – ISBN 966–641–198–9.
6. Ліщинська Л. Б. Багатопараметричні узагальнені перетворювачі імітансу на основі однокристальних напівпровідникових структур: монографія / Л. Л. Б. Ліщинська. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 243 с. - ISBN 978-966-641-464-2.
7. Ліщинська Л. Б. Аналіз «якості» однокристальних конверторів імітансу / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, М. А. Філінчук // Наукові праці ВНТУ. – 2010. – №3. – С. 1 - 12. – Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1260/612>.
8. Дослідження «якості» однокристальних УПІ / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, М. А. Філінчук, М. В. Барабан // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія (ІТКІ 2010): матер. І міжнар. наук.-практ. конф. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – С. 305 – 306.
9. Синтез багатопараметричних радіочастотних сенсорів на основі таблиць перетворення імітансу / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, М. В. Барабан, М. А. Філінчук // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: матер. ХІХ міжнар. наук.-практ. конф. – Харків: ХПІ, 2011. – С.46.
10. Рожкова Я. С. Дослідження двохпараметричних узагальнених перетворювачів імітансу на базі польової транзисторної структури [Електронний ресурс] / Я. С. Рожкова // Науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету за участю

працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, 2 – 4 бер. 2011 р.: тези доп. – XL., 2011. – Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2011/inrtzp/txt/rozhkova.pdf>.

11. Ліщинська Л. Б. Функціональний синтез двохпараметричних генераторних датчиків / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова // Вісник СевНТУ. Серія «Інформатика, електроніка, зв'язок». – Севастополь: СевНТУ, 2011. – Вип. 114. – С. 168-171. – ISSN 2307-6488.

12. Лищинская Л. Б. Функциональный синтез информационных устройств на базе однокристалльных ОПИ / Л. Б. Лищинская, М. В. Барабан, Я. С. Рожкова // Zpravu vedecke ideje – 2010: Сборник тезисов докладов VI междунар. науч.-практ. конф. – Прага: Education and Science, 2010. – С. 10-14.

13. Застосування концепції “нечіткого іммітансу” на етапі функціонального синтезу інформаційних пристроїв / Л. Б. Ліщинська, М. В. Барабан, Я. С. Рожкова, М. А. Філінюк // Інтернет-Освіта-Наука (ІОН-2010): матер. VII міжнар. наук.-практ. конф. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – С. 368 – 371.

14. Радиочастотные датчики на базе обобщенных преобразователей иммитанса / Л. Б. Лищинская, М. В. Барабан, Я. С. Рожкова, Н. А. Филинчук // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо 2010): матер. XX междунар. науч.-практ. конф. – Севастополь: СевНТУ, 2010. – С. 72-73.

15. Оптоелектронний генераторний 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. – ISSN 1681-7893.

16. Оптоелектронний генераторний датчик на базі двохпараметричного УПІ / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, С. Є. Фурса, М. А. Філінюк // Photonics-ODS 2010: матер. V міжнар. конф. з оптоелектронних інформаційних технологій. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – С. 187.

17. Пат. 60640 Україна, МПК G01P 3/44. Двопараметричний індуктивний генераторний датчик / Ліщинська Л. Б., Рожкова Я. С., Філінюк М. А.: заявник і

патентовласник ВНТУ. – № u201114244; заявл. 29.11.2010; опубл. 25.06.2011, Бюл № 12. – 3 с.

18. Пат. 61067 Україна, МПК G01P 3/44. Двопараметричний індуктивно-ємнісний генераторний датчик / Ліщинська Л. Б., Рожкова Я. С., Філінюк М. А.: заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201014337; заявл. 30.11.10; опубл. 30.11.10, Бюл. № 13. – 3 с.

19. Пат. 57679 Україна, МПК H01L 31/04, G01R 1/00, H01L 31/08. Резистивний генераторний датчик / Ліщинська Л. Б., Рожкова Я. С., Барабан М. В. [та ін.]: заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201009563; заявл. 30.07.10; опубл. 10.03.11, Бюл. № 5. – 3 с.

20. Пат. 60484 Україна, МПК G01R 27/00. Двопараметричний резистивно-ємнісний генераторний датчик / Ліщинська Л. Б., Рожкова Я. С., Філінюк М. А.: заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201013023; заявл. 02.11.10; опубл. 25.06.11, Бюл. № 12. – 3 с.

21. Пат. 61183 Україна, МПК G01R 27/02. Двопараметричний індуктивно-резистивний генераторний датчик / Ліщинська Л. Б., Рожкова Я. С., Філінюк М. А.: заявник і патентовласник ВНТУ. – № u20105660; заявл. 24.12.10; опубл. 11.07.11, Бюл. № 13. – 3 с.

22. Ліщинська Л. Б. Індуктивно-резистивний генераторний датчик / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, М. А. Філінюк // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. – 2012. – № 2. – С. 12-18. – ISSN 1815-7459.

23. Рожкова Я. С. Розробка та дослідження індуктивно-резистивного генераторного датчика / Я. С. Рожкова // Радиоэлектроника и молодёжь в XXI веке: матер. XVI междунар. молодежного форума. – Харьков: ХНУРЭ, 2012. – С. 87 – 88.

24. Резистивний частотний датчик на основі двохпараметричного перетворювача імітансу / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова, Р. Ю. Чехмestruc, М. А. Філінюк // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2012. – №3/9 (57). – С. 4 – 7. – ISSN 1729-3774.

25. Філінюк М. А. Розробка резистивного частотного датчика на основі двохпараметричного УПІ / М. А. Філінюк, Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова //

Контроль і управління складних систем (КУСС - 2012): матер. XI міжнар. наук.-практ. конф. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – С. 248.

26. Многопараметрические радиочастотные датчики / Л. Б. Лицинская, Е. В. Войцеховская, Я. С. Рожкова [и др.] // Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ - 2011): матер. XII междунар. науч.-практ. конф. – Одеса: ОНПУ, 2011. – С. 306.

27. Дослідження параметрів імітансного кола двопараметричного конвертора імітансу на основі польового транзистора / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Ткачук, О. О. Лазарев, М. А. Філінюк // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки.– 2013. – №4 (213). – С. 158 – 163. – ISSN 2307-5732.

28. Трёхпараметрический генераторный датчик / Л. Б. Лицинская, Н. А. Филинюк, Я. С. Ткачук, О. О. Лазарев // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2014 р. – № 4. – С. 21 – 27. – ISSN 2225-5818.

29. Пат. 93519 Україна, МПК G01R 27/00. Трипараметричний давач на двокаскадному узагальненому перетворювачі імітансу / Філінюк М. А., Ткачук Я. С., Пастушенко О. Л. – №u201402794; заявл. 19.03.14; опубл. 10.10.14, Бюл. № 19. – 3 с.

30. Ткачук Я. С. Трипараметричний давач на двокаскадному УПІ / Я. С. Ткачук, Д. В. Бондарюк // Сенсорна електроніка та мікросистемні технології (СЕМСТ-6): матер. VI міжнар. наук.-техн. конф. – Одеса: Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, 2014. – С. 59.

31. Оптимізація параметрів давачів на основі узагальненого перетворювача імітансу / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Ткачук, С. Є. Фурса, М. А. Філінюк // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України. – 2013. – Вип.68. – С. 18 – 26. – ISSN 2309-7655.

32. Ліщинська Л. Б. Аналіз чутливості давача на основі двокаскадного УПІ_N / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Ткачук, М. А. Філінюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту.– 2014. – № 4. – С. 102 – 109. – ISSN 1997-9266.

33. Пат. 105799 Україна, МПК G01R 27/00, G01N 27/06. Радіочастотний сенсор каламутності рідких середовищ / Ліщинська Л. Б., Філінюк М. А., Рожкова Я. С., Барабан М. В. – №u201201582; заявл. 13.02.12; опубл. 25.26.14, Бюл. № 12. – 3 с.

34. Lishchinskaya L.B. Sensor On The Basis Of Two-Parameter Generalized Immitance Converter / L.B. Lishchinskaya, Y. S. Tkachuk, S. E. Fursa, N.A. Filinyuk // International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS-2013): proceedings of International Conference. – Iasi: Gh. Asachi' Technical University of Iasi, 2013. – P.1 – 4.

35. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 47573. Комп'ютерна програма «Обрахунок параметрів індуктивно-резистивних генераторних датчиків» / Ліщинська Л. Б., Філінюк М. А., Ткачук Я. С., Ткачук А. Ф. – 2013 р.

36. Ліщинська Л. Б. Математична модель багатопараметричного багатокаскадного узагальненого перетворювача імітансу / Л. Б. Ліщинська, Я. С. Ткачук, Д. В. Бондарюк // Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи (РТПСАС – 2015): матер. міжнар. наук.-техн. конф. – Київ: КПІ, 2015. – С. 71 – 74.

37. Фурса С. Є. Математична модель багатопараметричного N-каскадного узагальненого перетворювача імітансу / С. Є. Фурса, Я. С. Ткачук // Наукові праці ВНТУ. – 2015. – №2. – С. 1 – 10. – Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/4012/5829>.

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

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

40. Hanspeter Schmid. Single-Amplifier Biquadratic MOSFET-C Filters: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Schmid Hanspeter. – Zürich, 2000. – 205 p. – Bibliography: p. 188–199.

41. Structured Electronic Design: Negative Feedback Amplifiers / Chris J.M. Verhoeven, Arie van Staveren, G.L.E. Monna [and others]. – Boston: Kluwer Academic, 2010. – 358 p. – ISBN 140-207-590-1.

42. Richard R. Spencer Introduction To Electronic Circuit Design / R. R. Spencer, M. S. Ghausi. – Upper Saddle River NJ: Prentice Hall, 2003. – 1132 p. – ISBN 201-361-83-3.

43. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем / И. П. Степаненко. – М.: Энергия, 1977. – 672с.

44. Семенова Я. И. Визуальное проектирование конвертеров иммитанса / Я. И. Семенова // Научная сессия ТУСУР: матер. науч.-техн. конф. –Томск: В-Спектр, 2008. – С. 340.

45. US Patent 7020676 B2 United States, Int. Cl. G06G 7/16. Non-reciprocal network element that produces an input impedance that is a product of its load impedances / Satyabrata Chakrabarti: original assignee Lucent Technologies Inc. – № 2004/0064496 A1; filed 27.09.2002; date of patent. 26.03.2006, bulletin. № 2. – 6 p.

46. Small antennas for cognitive radio using negative impedance converters [Electronic resource] / O. O. Tade, Z. H. Hu, P. Gardner, P. S. Hall // Networking and Broadcasting (PGNet2011): proceedings of the 12th Annual Post Graduate Symposium on the Convergence of Telecommunications. – Liverpool: PGNet, 2011. – P. 37-41. – Access: <http://www.cms.livjm.ac.uk/pgnet2011/Proceedings/Papers/m1569449915-tade.pdf>.

47. US Patent 7167348 B2 United States, Int. Cl. H02H 7/06. Miniaturized motor overload protector / W. H. Knox, W. E. Calligan; original assignee AMT Capital, Ltd. – № 007167348 B2; filed 6.05.2004; date of patent. 23.06.2007, bulletin № 11. – 4 p.

48. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники / Л.А. Бессонов. – М.: Высшая школа, 1996. — 638 с.

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

50. Ліщинська Л. Б. Математична модель узагальненого перетворювача іммітансу на базі трьохполосника / Л. Б. Ліщинська // Вісник Тернопільського нац. тех. ун. – 2010. – т.15, №3. – С. 165-171.

51. Знаменский А. Е. Активные RC-фильтры / А. Е. Знаменский, И. П. Теплюк. – М.: Связь, 1970. – 280 с.

52. Ионкин П. А. Синтез RC-схем с активными невзаимными элементами / П. А. Ионкин, В. Г. Миронов. – М.: Энергия, 1976. – 240 с.

53. Маклюков М. И. Инженерный синтез активных RC фильтров низких и инфранизких частот / М. И. Маклюков. – М.: Энергия, 1971. – 184 с.

54. Славский Г. Н. Активные RC и RCL-фильтры и избирательные усилители / Г. Н. Славский. – М.: Связь, 1960. – 216 с.

55. Филановский И. М. Схемы с преобразователями сопротивления / И.М. Филановский, А.Ю. Персианов, В.К. Рыбин – Л.: Энергия, 1973. – 192 с.

56. Хьюлсман Л. П. Активные фильтры / Л. П. Хьюлсман. – М.: Мир, 1972. – 318 с.

57. Арш Э. И. Автогенераторные измерения / Э. И. Арш. – М.: Энергия, 1976. – 136 с.

58. Болознев В. В. Функциональные преобразователи на основе связанных генераторов / В. В. Болознев. – М.: Радио и связь, 1982. – 88 с.

59. Баев Е. Ф. Миниатюрные электрические линии задержки / Е. Ф. Баев, Е. И. Бурылин. – М.: Сов. радио, 1977. – 248 с.

60. Схемотехника, моделирование и применение устройств с отрицательным сопротивлением / О. Н. Негоденко, К. Е. Румянцев, А. А. Зинченко, С. И. Липко. – Таганрог: из-во ТРТУ, 2002. – 214 с. – ISBN 5-8327-0109-7.

61. Персианов А. Ю. Фазочастотный корректор модема ГЧ на активных элементах / А. Ю. Персианов // ЛЭИС: 1974: матер. научн. – техн. конф. – Л., 1974. – Вып. 2. – С. 40-41.

62. 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.

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

64. US Patent 0092086 A1 United States, Int. Cl. H01P 1/32. Waveguide Matching Unit Having Gyrator / M. Hernandez; original assignee Harris Corporation. – № 2012/903684; filed 13.10.2010; date of patent. 19.04.2012, bulletin. № 11. – 5 p.

65. Larry P. The Circuits and Filters Handbook: Second Edition / P. Larry, P. Allen, B. Bialock. – California: CRC Press, 2002. – 896 p. – ISBN 978-0-8493-0912-0.

66. Heng Wan Cheong Generalized impedance converter (GIC) filter utilizing composite amplifier [Electronic resource] / H. W. Cheong. – California : Naval Postgraduate School, 2005. – 116 p. – Access: http://edocs.nps.edu/npspubs/scholarly/theses/2005/Sep/05Sep_Cheong.pdf.

67. Dostil T. Current conveyor ССII with connected ports Y-Z / T. Dostil, V. Axman // Radioelectronica 2007: proceedings of 17th international conference. – Brno: Brno Univ. of Technol., 2007. – P. 47 – 50.

68. Філінюк М. А. Інформаційні пристрої на основі потенційно-нестійких багатоелектродних структур Шотткі: монографія / М. А. Філінюк, О. М. Куземко, Л. Б. Ліщинська. – Вінниця: Універсум - Вінниця, 2009. – 274 с. – ISBN 978-966-641-332-4.

69. Марше Ж. Операционные усилители и их применение. / Ж. Марше. – Л.: Энергия, 1974. – 216с.

70. Дослідження схмотехнічних реалізації С-негатронів на інверторах від'ємного опору / О. О. Лазарев, К. В. Огородник, Р.Ю. Чехместрук, М.А. Філінюк // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2011. – № 2. – С.72-76.

71. US Patent 29,080 A1 United States. Int. Cl.2 H03H 7/00, H03H 11/00. Compensated transformer circuit utilizing negative capacitance simulating circuit / F. J. Kiko; original assignee F. J. Kiko. – №426826; date of patent 17.12.1976. – 10 p.

72. Nullors, Their Bipolar and CMOS Implementations and Applications in Analog Circuit Synthesis and Design / Raj Senani, A.K. Singh, Pragati Kumar, R.K. Sharma // Integrated Circuits for Analog Signal Processing. – 2012. – P.31-59.

73. Sedra A.S. The Current Conveyor: history, progress and new results / A.S. Sedra, G.W. Roberts, F. Gohh // IEEE Proc. Of ISCAS. – 1990. – Vol. 137. – P. 78 – 87.

74. Soliman A. M. On the realization of floating inductors [Electronic resource] / A. M. Soliman // Nature and Science. – 2010. - Vol. 8, № 5. - P. 167-180. – Access: http://www.sciencepub.net/nature/ns0805/20_2615_ns0805_167_180.pdf.

75. Mahmoud Shaktour Floating GIC and its implementation [Electronic resource] / S. Mahmoud // IMAPS CS 2008: proceedings of International Conference. - Brno: Ing. Zdeněk Novotný CSc, 2008. - 6 p. – Access: http://user.unob.cz/biolek/veda/articles/EDS08_1.pdf.

76. Шамшин В. Г. Основы схемотехники: учеб. пособие для студ. радиотехнических специальностей / В. Г. Шамшин. – Владивосток: ДВПИ им. В. В. Куйбышева, 2008. – 178 с.

77. U.S. Patent 6184747 B1 United States, Int. Cl. H 03 B 1/00. Differential filter with gyrator / A. Michael Helgeson, R. Maile Keith; original assignee Honeywell International Inc. – № 2009/311105; filed 13.05.99; date of patent. 06.02.2001, bulletin № 7. – 4 p.

78. Lidgey J. Current-Conveyor Basics and Applications. Circuits&Systems: Tutorials / J. Lidgey, C. Toumazou. – New York: IEEE ISCAS, 1994. – P. 569-587.

79. Філінюк, М. А. Одноперехідні узагальнені перетворювачі імітансу для елементів і пристроїв інформаційних-вимірювальних систем / М. А. Філінюк, М. В. Богомолова. — Вінниця : ВНТУ, 2014. — 148 с. — ISBN 978-966-641-557-1.

80. Теоретичні основи комп'ютерних напівпровідникових електронних компонентів: навч. посіб. / О.Д. Азаров, В.А. Гарнага, Т.Г. Сапсай, В.П. Тарасенко. - Вінниця : ВНТУ, 2015. – 134 с.

81. Філинюк М. А. Активні УВЧ та НВЧ фільтри: монографія / М. А. Филинчук, Л. Б. Ліщинська. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 396 с. – ISBN 978-966-641-376-8.

82. US Patent 7525372 B2 United States, Int. Cl. H04B. Noise shaped nth order filter / H. Elwan, A. Fahim, A. Ismail, E. Youssoufian; original assignee Newport Media, Inc. – № 2008/0220737 A1; filed 8.03.2007; date of patent. 11.09.2008, bulletin № 4. – 6 p.

83. Toker A. Insensitive current Mode Universal filter using dual output current conveyors [Electronic resource] / A. Toker, S. Ozoguz // International Journal of Electronics. – 2000. – vol. 87, №. 6. – P. 667-674. – Access: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/002072>.

84. US Patent 6490706 B2 United States, Int. Cl. G06F 17/50. High Q gyrator structures / Sven Mattisson; original assignee Telefonaktiebolaget LM Ericsson. – № 2001/0047505; filed 30.11.2000; date of patent 03.12.2002, bulletin № 18. – 3 p.

85. US Patent 7522023 B2 United States, Int. Cl. H03H 11/00. Gyrator with feedback resistors / T. Chih Chang, Fang-Lih Lin; original assignee AMIC Communication Corporation. – № 2006/0197632 A1; filed 11.05.2005; date of patent 21.04.2009, bulletin. № 15. – 5 p.

86. Козлов П. С. Магнитоэлектрический гиратор, работающий в области электромеханического резонанса / П. С. Козлов // «Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика»: матер. I междуна. науч.-техн. конф. – Курск: Курск. гос. техн. ун-т., 2009. – С. 196 -199.

87. Пат. 2357356 РФ, МПК H03H 11/42. Гиратор СВЧ магнитоэлектрический / Бичурин М. И., Филиппов А. В., Петров Р. В.; заявитель и патентообладатель Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого. - №u2008109706; заявл. 11.03.08; опубл. 27.05.09, Бюл. № 8. – 3 с.

88. Zhai J. Tellegen gyrator [Electronic resource] / J. Zhai, J. Li, S. Dong [and others] // Journal of Applied Physics. - New York: American Institute of Physics, 2006. - № 12. – 34-36 pp. – Access: <http://dx.doi.org/10.1063/1.2402967.1>

89. Soliman A. M. Three port gyrator circuits using transconductance amplifiers or generalized conveyors / A. M. Soliman // AEU - International Journal of Electronics and Communications. – Giza: GizaElectronics, 2011. – vol. 66, № 4. – P. 286 – 293.

90. Billonnet L. Active filters: an overview of active filter structures. Encyclopedia of RF and Microwave Engineering / L. Billonnet, B. Jarry. – Limoges: IRCOM University of Limoges, 2005. – 5832 p.

91. García Pérez Contributions to the development of microwave active circuits: metamaterial dual-band active filters and broadband differential low-noise amplifier: PhD Thesis / Pérez García, Óscar Alberto. - Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones, 2011. – 238 p.

92. Kim B.-W. Varactor-tuned active bandpass filter with low noise performance / B.-W. Kim, Y.-H. Chun; S.-W. Yun // Electronics Letters. – 2004. — Vol. 40, № 15. – P.945 – 946.

93. K-band MMIC active band-pass filters / K.-W. Fan, Ch.-Ch.Weng, Z.-M. Tsai // IEEE Microwave and Wireless Components Letters. – 2005. – Vol. 15, № 1. – P.19 – 21.

94. Karacaoglu U. MMIC active bandpass filter using negative resistance elements / U. Karacaoglu, D. Robertson // Microwave and Millimeter-Wave Monolithic Circuits Symposium 1995: digest of papers. – Orlando: IEEE, 1995. – P. 135-138.

95. Awang Ziki Microwave systems design / Z. Avang. – Shah Alam: University Teknologi MARA, 2014. – 307 p. – ISBN-978-981-4451-23-9.

96. Dardillac S. Selective Tunable Active Filter with Gain using Active Impedance Profile Technique / S.Dardillac, L.Billonnet, B. Jarry // German Microwave Conference GeMiC 2005: conference proceedings. – Ulm: University of Ulm, 2005. – P. 94 – 97.

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

98. Realization of an Active Inductance for a Low Power High Bandwidth DC Power Line Communication Network Transceiver / M. Chedid, H. Nilsson, A. Johansson, J. Welinder // International Journal of Electronics and Communications. – 2009. - №10 (64). – P.947 - 952.

99. Исследование умножителей индуктивности на полевом транзисторе Шоттки / Е. В. Войцеховская, А. А. Лазарев, Л. Б. Лищинская, С. В. Мирошникова // Нанотехнология и негатроника. Научно-технический прогресс и современная авиация: матер. междунар. конф. – Азербайджан: Баку, 2009. – С. 325-328.

100. Твердоступ Н. И. Умножитель индуктивности / Н. И. Твердоступ // Систем. технології. – 2009. – № 1. – С. 82-86.

101. Твердоступ Н.И. Высокодобротный умножитель индуктивности // Системні технології. – 2012. - № 1 (78). – С. 100 – 105.

102. Твердоступ Н.И. Обобщенная модель преобразователей импеданса // Вісник Дніпропетровського університету. – 2010. – Вип. 17, №2. – С. 103 – 108.

103. Ліщинська Л. Б. Оптимізація параметрів помножувача індуктивності [Електронний ресурс] / Л. Б. Ліщинська, І. В. Булыга, О. В. Войцеховська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 2. – С. 81–87. – Режим доступу: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2010_2/25voy.pdf.

104. Аналіз коефіцієнта добротності помножувача індуктивності / Л. Б. Ліщинська, О. В. Войцеховська, О. О. Лазарев, М. А. Філінчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 4. – С. 87-90.

105. Пат. 50278 Україна, МПК H03K 19/20. Радіочастотний логічний елемент / Барабан М. В., Ліщинська Л. Б., Філінчук М. А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000346; заявл. 15.01.2010; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10. – 3 с.

106. Пат. 51961 Україна, МПК Н03К 19/00. Радіочастотний логічний елемент / Барабан М. В., Ліщинська Л. Б., Філінюк М. А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000919; заявл. 29.01.2010; опубл. 10.08.2010, Бюл. № 15. – 3 с.

107. Пат. 52662 Україна, МПК Н03К 19/20. Радіочастотний логічний елемент / Барабан М. В., Ліщинська Л. Б., Філінюк М. А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000005; заявл. 11.01.2010; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 17. – 3 с.

108. Пат. 51012 Україна, МПК Н03К 19/20. Іммітансний логічний елемент “АБО” / Барабан М. В., Ліщинська Л. Б., Філінюк М. А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201000922; заявл. 29.01.2010; опубл. 25.06.2010, Бюл. № 12. – 3 с.

109. Пат. 51410 Україна, МПК Н03К 3/42. Іммітансний RS-тригер / Барабан М. В., Ліщинська Л. Б., Філінюк М. А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201001814; заявл. 19.02.2010; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13. – 3 с.

110. Пат. 51409 Україна, МПК Н03К 3/42. Іммітансний RS-тригер / Барабан М. В., Ліщинська Л. Б., Філінюк М. А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u201001810; заявл. 19.02.2010; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13. – 3 с.

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

112. Філінюк Н. А. Анализ метрологического обеспечения, разработки и применения иммитансных логических элементов [Електронний ресурс] / Н. А. Філінюк, Л. Б. Лищинская, Р. Ю. Чехместрук // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 3. – С. 62-66. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/vott_2013_3_11.pdf.

113. Пат. 61614 Україна, МПК Н03К 19/20. Імітансний логічний L-елемент «АБО» / Ліщинська Л. Б., Рожкова Я. С., Філінюк М. А.; заявник і власник ВНТУ. – № u201015643; заявл. 24.12.2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14. – 2 с.

114. Пат. 71411 Україна, МПК Н03К 19/20. Оптоімітансний логічний елемент "АБО" / Ліщинська Л. Б., Фурса С. Є., Лазарєв О. О., Філінюк М. А.; заявник і власник ВНТУ. –№ u201200212; заявл. 06.01.12; опубл. 10.07.12, Бюл. № 13. – 3 с.

115. Лищинская Л. Б. Оптоиммитансные преобразователи / Л. Б. Лищинская // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2012. – № 1. – С. 73-79.

116. Оптоімітансні логічні елементи / Л. Б. Ліщинська, С. Є. Фурса, Я. С. Рожкова [та ін.] // Науковий вісник Чернівецького університету. – 2011. – Т.1, №. 1. – С. 32 – 35.

117. Лищинская Л. Б. Основы построения оптоиммитансной логики / Л. Б. Лищинская // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2011. – № 2. – С. 89-95.

118. Новый словарь иностранных слов / под ред. В. В. Адамчик. — Минск: Современный литератор, 2006. — 1088 с.

119. Осадчук В. С. Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом: монографія / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, Н. С. Кравчук. — Вінниця: Універсум-Вінниця, 2007. – 163 с. - ISBN 978-966-641-214-3.

120. Wilson W. Wireless Sensing Opportunities for Aerospace Applications / W. Wilson, G. Atkinson // Sensors and Transducers Journal. – 2007. –№ 7. – P. 83 – 90.

121. Champaigne K. D. Wireless Impact and Leak Detection and Location Systems for the ISS and Shuttle Wing Leading Edge / K. D. Champaigne, J. Sumners // IEEE Aerospace Conference: conference proceedings. – Montana: Yellowstone Conference Center, 2005. – P. 1 – 8.

122. Design and Performance of Wireless Sensors for Structural Health Monitoring / D. G. Watters, P. Jayaweera, A. J. Bahr, D. L. Huestis// Quantitative Nondestructive Evaluation: conference proceedings. – Minneapolis: Downtown Hyatt Regency, 2002. – P. 969 – 976.

123. Multi-parameter gas Sensors Based on Organic Thin-Film Transistors / L. Torsi, A. Dodabalapur, L. Sabbatini, P. Zambonin // Sensors and Actuators Journal. – 2000. – P. 312 – 316.

124. Yurish S. Self-Adaptive Smart Sensors and Sensor Systems S. Yurish // Sensors and Transducers Journal. – 2008. – № 7. – P.1 - 14.

125. Тайманов Р. Е. Метрологический самоконтроль датчиков / Р. Е. Тайманов, К. В. Сапожникова // Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения: труды конференции. – М.: Институт проблем управления имени В. А. Трапезникова, 2010. – С. 1088-1099.

126. Wangcharoenrung C. Development of Adaptive Transducer Based on Biological Sensory Mechanism: PhD Thesis / C. Wangcharoenrung. – Austin: University of Texas at Austin, 2005. – 233 p. – Bibliography: P. 218 –232.

127. Smart Ocean Sensing Using the Telesupervised Adaptive Ocean Sensor Fleet / J. Dolan, W. Podnar, A. Elfeset. [and others] // NASA Earth Science Technology 2008: conference proceedings. – Austin: Maryland University College, 2008. – P.23-30.

128. A Multi-parameter Snow Sounding probe: Final report to the US Army Research Office / M. Louge, R. Foster, K. Clifford, B. Manning. – New York: Sibley School of Mechanical and Aerospace Engineering, 2002.– 60 p.

129. Spencer B. Smart Sensing Technology: Opportunities and Challenges / B. Spencer, M. Ruiz-Sandoval, N. Kurata // The Journal of the International Association for Structural Control and Health Monitoring. – 2004. – P. 349-368.

130. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Туричин, П.В. Новицкий, Е.С. Левшина [и др.]. – Л: Энергия, 1975. – 576 с.

131. Негоденко О. Н. Аналогии негатронов в электронных устройствах / О. Н. Негоденко. – Таганрог: ТРТУ, 2004. – 104 с.

132. Швейкіна С. Є. Генераторний давач інтенсивності оптичного випромінювання / С. Є. Швейкіна, М. А. Філінюк // Оптоелектронні оптично-енергетичні технології. – 2006. – №1 (11). – С. 175 – 179.

133. Датчики температуры на основе однопереходного и полевого транзисторов при радиационном воздействии / И. М. Викулин, Ш. Д. Курмашев, П. Ю. Марколенко [и др.] // *Sensors Electronics and Microsystems Technologies*. – 2009. – № 2. – P. 18 – 21.

134. Ramírez-Muñoz D. Current loop generated from a generalized impedance converter: a new sensor signal conditioning circuit / D. Ramírez-Muñoz, C. Reig, S. Casans-Berga, // *Review of Scientific Instruments*. – 2005. – vol. 76, №1. – P. 66.

135. Generalized impedance converter as a new sensor signal conditioning circuit / D. Ramírez-Muñoz, S. Casans-Berga, C. Reig, P. J. P. Freitas // *IEEE Instrumentation and Measurement Technology: proceedings of the 22nd international conference*. – Ottawa: Fairmount Chateau Laurier, 2005. – vol. 3. – P. 587-591.

136. Novel and low-cost temperature compensation technique for piezoresistive pressure sensors / F. Reverter, G. Horak, V. Bilas, M. Gasulla // *IMEKO World Congress: proceedings of XIX international conference*. – Lisbon: International Measurement Confederation, 2009. – P. 2084–2087.

137. (2008, Sept. 25) A new gas sensor electronic interface with generalized impedance converter / A. de Albornoz, D. Munoz, J. Moreno [and others] // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2008. – vol. 134, №2. – P. 591 – 596.

138. Smart Sensors – Not Only Intelligent, but Adaptable офіційного сайту дистриб'ютора електронних компонентів Digi-Key Corporation [Електронний ресурс]: режим доступу - <http://www.digikey.com/us/en/techzone/sensors/resources/articles/intelligent-adaptable-smart-sensors.html> (19.12.2012 p.)

139. Yurish S. Sensors: Smart vs. Intelligent / S. Yurish // *Sensors and Transducers Journal*. – 2010. –№ 3. – P. 1 – 6.

140. Smart Sensor Systems / G. Hunter, J. Stetter, P. Hesketh, C. Liu // *Electrochemical Society Interface*. – 2010. – P. 29-34.

141. Avancha S. Ontology-driven Adaptive Sensor Networks / S. Avancha, C. Patel, A. Joshi // *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services 2004: conference proceedings*. – Baltimore: University of Maryland Baltimore County, 2004. – № 4. – P. 194-202.

142. Kazemzadeh F. New Solid State Sensor for Detection of Humidity, Based on Ni, Co, and Mn Oxide Nano Composite Doped with Lithium / F. Kazemzadeh, A. Hessary, N. Jafari / Sensors and Transducers Journal. –2008. –№ 7. – 161 – 168 pp.

143. Кузьмин И. В. Оценка эффективности и оптимизации автоматических систем контроля и управления / И. В. Кузьмин. – М.: Советское радио, 1971. – 296с.

144. Чумаков Н. М. Оценка эффективности сложных технических устройств / Н. М. Чумаков, Е. И. Серебряный. – М.: Сов. радио, 1980. – 191 с.

145. Багацкий В. А. Теория построения, проектирование и практическая реализация аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей общего применения: дис. докт. техн. наук: 05.13.08 / Багацкий Валентин Алексеевич. – М., 1994. – 350 с.

146. Фурса С. Є. Елементи та пристрої автоматики на основі транзисторних оптонегатронів: дис. канд. техн. наук: 05.13.05 / Фурса Світлана Євгенівна. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 257 с. - Бібліогр.: С. 185-200.

147. Физико-технологические и схемотехнические основы негатроники / А. М. Пашаев, Ф. Д. Касимов, Н. А. Филинук, О. Н. Негоденко. – Баку: Элм, 2008. – 433 с.

148. Маркушевич А. И. Комплексные числа и конформные отображения. / А. И. Маркушевич. – М.: Наука, 1980. – 56 с.

149. Трутко А. Ф. Методы расчета транзисторов / А. Ф. Трутко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Энергия», 1971. – 272 с.

150. Спиридонов Н. С. Основы теории транзисторов / Н. С. Спиридонов. – Киев: Техника, 1975. – 360 с.

151. Богачев М. В. Транзисторные усилители мощности: монография / В. М. Богачев. – М.: Энергия, 1978. – 343 с.

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

153. Official web-site of TriQuint Semiconductor company [Electronic resource]. – Hillsboro, Oregon, USA, 2014. – Access: <http://www.triquint.com/> (05.05.2015)

154. Коколов А. Обзор математических моделей / А. Коколов, Ф. И. Шеерман, Л. И. Бабак // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – № 2 (22). – С. 118-123.

155. Cheng Y. MOSFET modeling & BSIM3 user's guide / Y. Cheng, C. Hu. – New York: Kluwer Academic Publishers, 1999. – 461 p.

156. Enz C.C. An analytical MOS transistor model valid in all regions of operation and dedicated to low voltage and low-current applications / C.C. Enz, F. Krummenacher, E.A. Vittoz // Analog Integrated Circuit and Signal Processing. – 1995. – Vol. 8. – P. 81–114.

157. Foty D. P. MOSFET Modeling with Spice. Principle and Practice / D. P. Foty. – N.J.: Prentice Hall PTR, 1997. – 653 p.

158. An Empirical Table-Based FET Model / I. Angelov, N. Rorsman, J. Stenarson [and others] // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 2002. – Vol. 37, № 5. – P. 605–616.

159. Curtice W. R. A Nonlinear GaAs FET Model for Use in the Design of Output Circuits for Power Amplifier / W. R. Curtice, M. Ettenberg // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. – 1985. – Vol. 33, № 12. – P. 1383–1394.

160. Materka A. Computer calculations of large-signal GaAs FET amplifier characteristic / A. Materka, T. Kasprzak // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques – 1985. – Vol. 33. – P. 129–135.

161. Официальный сайт Keysight Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.home.agilent.com/agilent/editorial.jsp?cc=US&lc=eng&ckey=1528450&nid=11143.0.00&id=1528450&pselect=SR.General>, свободный (дата обращения: 05.10.2010).

162. Lenk F. Negative resistance in GaAs MESFET nonlinear modeling / F. Lenk, R. Doerner, P. Heymann // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. — 1996.— Vol. 40. – P 2258-2266.

163. Математичні методи ідентифікації динамічних систем: навчальний посібник / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 260 с.
164. Сигорский В. П. Основы теории электронных схем / В. П. Сигорский, А. И. Петренко. – К.: Вища школа, 1971. – 568 с.
165. Кветный Р. Н. Математическое моделирование в задачах проектирования средств автоматики и информационно-измерительной техники / Р. Н. Кветный. – К.: УМК ВО, 1989. – 112 с.
166. Бабак Л. И. Определение матрицы рассеяния соединения СВЧ многополюсников / Л. И. Бабак // Радиотехника. – 1979. - Т.34, №11. – С.78-81.
167. Ленк Дж. Электронные схемы: практическое руководство / Дж. Ленк. – М.: Мир, 1985. – 344 с.
168. Ерофеева И. А. Импульсные устройства на однопереходных транзисторах / И. А. Ерофеева. – М.: Связь, 1974. – 72 с.
169. Філінюк М. А. Методи та засоби вимірювання параметрів потенційно-нестійких чотиріполюсників: монографія. / М. А. Філінюк, К. В. Огородник, Л. Б. Ліщинська. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 176 с.
170. Радиочастотные измерения параметров многопараметрических ОПИ / Л. Б. Лищинская, Е. В. Войцеховская, Я. С. Ткачук [и др.] // Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике (Hi-Tech-2013): матер. XV междунар. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург: Политехнический университет, 2013. – С. 37 – 39.
171. Філінюк М. А. Метрологічні основи негatronіки: монографія. / М. А. Філінюк, Д. В. Гаврілов. – Вінниця: Універсум-Вінниця, 2006. – 188с.
172. Ліщинська Л. Б. Оптоіммітансні логічні елементи / Л. Б. Ліщинська, С. Є. Фурса, Я. С. Рожкова [та ін.] // Фізико-технологічні проблеми радіотехнічних пристроїв, засобів телекомунікацій, нано- та мікроелектроніки: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. – Чернівці: ЧНУ ім. Ю. Федьковича, 2011. – С. 120 – 123.

173. Мокін Б.І. Математичні моделі робастної стійкості та чутливості нелінійних систем: монографія / Б. І. Мокін, С. В. Юхимчук. – Вінниця: Універсум–Вінниця», 1999. – 124 с.

174. Зубов В. И. Математические методы исследования систем автоматического регулирования / В. И. Зубов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1974. – 335 с.

175. Михайлов А. В. О новом методе исследования замкнутых регулируемых цепей / А. В. Михайлов // Автоматика и телемеханика. – 1938. – № 4 – 5. – С. 36–50.

176. Куликовский А. А. Устойчивость активных линеаризованных цепей с усилительными приборами новых типов / А. А, Куликовский. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 192 с.

177. Rollett J. M. Stability and power gain invariants of linear two-ports / J. M. Rollett // IRE Trans. – 1962. – Vol. 9, № 1. – P. 29 – 32.

178. Стафеев В. И. Теоретические и экспериментальные исследования двухбазового диода / В. И. Стафеев, А. П. Штагер. – Рига: Знание, 1986. – 525 с.

179. Ліщинська Л. Б. Експериментальний метод визначення параметрів одноперехідного транзистора / Л. Б. Ліщинська, А. Г. Швидюк, М. А. Філінюк // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2008): матер. ІХ міжнар. наук.-практ. конф. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 137 с.

180. Обобщённые преобразователи иммитанса на основе инжекционно-пролётной транзисторной структуры с общим стоком / Л. Б. Лищинская, Н. В. Булыга, А. Г. Шведюк [и др.] // Наукові праці ВНТУ. – 2008. – №2. – С.1 – 18.

181. Порівняльна оцінка похибок перетворення однокристальних конверторів іммітансу / М. А. Філінюк, Л. Б. Ліщинська, Я. С. Рожкова [та ін.] // Контроль і управління в складних системах (КУСС-2010): матер. X міжнар. наук.-практ. конф. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – С. 159.

182. Філінюк М. А. Ємнісний негасенсор з частотним виходом / М. А. Філінюк, О. О. Лазарєв, Д. В. Бондарюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 3. – С.109 – 112.

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

184. Пристрій індикації характеру реактивного навантаження / Л. Б. Ліщинська, М. А. Філінюк, Я. С. Ткачук [та ін.] // Современные информационные и электронные технологии (СИЭТ 2013): матер. XIV междунар. науч.-практ. конф. – Одесса, ОНПУ. – С. 108 -109.

185. Бирюков С. В. Методы и средства измерений: учеб. пособие / С. В. Бирюков, А. И. Чередов. – Омск: ОмГТУ, 2001. – 88с.

186. Водовозов А. М. Элементы систем автоматики: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. М. Водовозов. – М.: Академия, 2006. – 217с.

187. Пат. 41314 Україна, МПК G01R 27/28. Установка для вимірювання граничної частоти одноперехідного транзистора / Ліщинська Л.Б., Шведюк А. Г., Філінюк М.А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u200973490; заявл. 23.01.2009; опубл. 12.05.2009, Бюл. №9. – 3 с.

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

189. Філінюк М. А. Активні УВЧ та НВЧ фільтри: монографія / М. А. Філінюк, Л. Б. Ліщинська. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 396 с.

190. Новицкий П. В. Цифровые приборы с частотными датчиками / П. В. Новицкий. – М.: Энергия, 1970. – 424 с.

191. Пат. 50131 Україна, МПК G01R 27/00. Генераторний сенсор / Ліщинська Л. Б., Барабан М. В., Філінюк М. А.; заявник і патентовласник ВНТУ. – № u200912677; заявл. 07.12.2009; опубл. 25.05.2010, - Бюл. №10. – 3 с.

192. Мультифункціональний сенсор на інтегральній магнітотранзисторній структурі / З. Ю. Готра, Р. Л. Голяка, І. М. Годинюк [та ін.] // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2012. – № 1. – С.110-120.

193. Design of an RFID-Based Battery-Free Programmable Sensing Platform / P. Alanson, J. Daniel, S. Pauline [and others] // IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement. – 2008. - vol. 57, № 11. – P. 2608 – 2615.

194. Кравченко А.М. Двухканальный терморегулятор на основе S-негатронов / А.М. Кравченко, А.М. Анохин // Датчики и системы. –2013. – № 2. – С. 28-32.

195. Дубовой Н.Д. Автоматические многофункциональные измерительные преобразователи / Н.Д. Дубовой.–М.: Радио и связь, 1989. –256 с.

196. Датчики : Справочник / З. Ю. Готра, Л. Я. Ильницкий, Е. С. Полищук [и др.]. – Львов: Каменяр, 1995. – 312 с.

197. Рабочий А. А. Повышение чувствительности преобразователей с датчиками, использующими резисторные и ёмкостные сенсорные элементы / А. А. Рабочий // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2012. – №5. – С. 104-107.

198. Войцеховська О. В. Нелінійні властивості комбінованих транзисторних негатронів та пристроїв автоматики на їх основі: дис. канд. тех. наук: 05.13.05 / Войцеховська Олена Валеріївна. – Вінниця, 2007. – 176 с.

199. Філінюк М. А. Методи і засоби вимірювання параметрів потенційно-нестійких чотирьополосників: монографія / М. А. Філінюк, К. В. Огородник, Л. Б. Ліщинська. – Вінниця: Універсум–Вінниця, 2010. – 175 с.

200. «Бортовой компьютер» офіційного сайту комп'ютерної діагностики та чіп-тюнінгу автомобілей ВАЗ [Електронний ресурс]: режим доступу - <http://eljbi.ru/bortovoj-kompyuter/> (22.09.2015 р.)

201. «Защита, контроль, управление. Приемник радиодатчиков» офіційного порталу новин у світі електроніки electromost.com [Електронний ресурс]: режим доступу - http://electromost.com/news/priemnik_radiodatchikov/2013-07-18-102 (22.09.2015 р.)