

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Науковий вісник

Таврійського державного агротехнологічного університету



Випуск 13, том 2

Електронне наукове фахове видання

Запоріжжя – 2023 р.

УДК 60/68(08)

T 13

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету:
електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М.
Кюрчев. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. – Вип. 13, том 2. – 424 с.

ISSN 2220-8674

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 10 від 21 квітня 2023 р.

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, AGRIS, НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія:

Головний редактор

Кюрчев В. М. чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Заступник головного редактора

Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. – д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний секретар

Волошина А. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Технічний секретар

Погорельцева Д. О. (Україна)

Євлаш В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Журавель Д. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Квітка С. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Кувачов В. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Кузнецов М. П. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Кюрчев С. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисенко В. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисенко О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисиченко М. Л. – д.т.н., проф. (Україна)

Ломейко О. П. – к.т.н., доц. (Україна)

Лубко Д. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Малкіна В. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Мацулевич О. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Мірошник О. О. – д.т.н., професор (Україна)

Паламарчук І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Пріс О. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Самойчук К. О. – д.т.н., проф. (Україна)

Сердюк М. Є. – д.т.н., проф. (Україна)

Сидоренко О. С. – к.т.н., доц. (Україна)

Скляр О. Г. – к.т.н., проф. (Україна)

Скляр Р. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Тітова О. А. – д.пед.н., проф. (Україна)

Холодняк Ю. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Шоман О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Ялпачик В. Ф. – д.т.н., проф. (Україна)

Beloev Hristo – Dr., professor (Bulgaria)

Ivanovs Semjons – PhD (Latvia)

Olt Jüri – PhD, professor (Eesti)

Pascuzzi Simone – Associate Professor (Italia)

Pavol Findura – PhD, professor (Slovakia)

Szafraniec Andrzej – Dr., professor (Poland)

Qawaqzeh Mohamed – PhD (Jordan)

Вершков О. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Гавриленко Є. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Галько С. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Гнатушенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гумен О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Дідур В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск - к.т.н., професор Скляр О. Г.

Адреса редакції ТДАТУ:

Юридична:

пр. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.
72312 Україна

Фактична:

вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька обл.
69600, Україна



ЗМІСТ ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

| | |
|--|----|
| <i>Журавель Д. П., Бондар А. М., Дашивець Г. І.</i> | 1 |
| Обґрунтування діагностичних параметрів рульового керування транспортного засобу під час технічного обслуговування | |
| <i>Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ломейко О. П.</i> | 2 |
| Методика розробки експериментального зразка пульсаційного гомогенізатора молока | |
| <i>Сушко С. Л., Чижиков І. О.</i> | 3 |
| Використання методології фітомоніторингу як засобу управління вегетаційними поливами кісточкових плодкових культур | |
| <i>Курка В. П., Ліннік А. Ю., Кирик О. М.</i> | 4 |
| Експериментальні дослідження показників роботи очисника голівок коренеплодів вертикально роторного типу | |
| <i>Кепко О. І.</i> | 5 |
| Методика розрахунку замкнутої системи опалення та вентиляції теплиць | |
| <i>Дідур В. В., Петриченко Є. А., Леценко І. А.</i> | 6 |
| Реологічні властивості мезги насіння сафлора та їх вплив на процес віджиму олії в гвинтовому пресі | |
| <i>Фучаджи Н. О., Ковальов О. О., Паляничка Н. О., Червоткіна О. О.</i> | 7 |
| Напрямки вдосконалення конструкцій сучасних обрушувальних машин | |
| <i>Алфьоров О. І., Савченко В. Б., Свіргун О. А.</i> | 8 |
| Оцінювання показників надійності на основі результатів випробувань на стендах та в експлуатації | |
| <i>Скляр О. Г., Скляр Р. В., Комар А. С.</i> | 9 |
| Огляд методів дослідження та оптимізації машинних технологій утилізації відходів тваринництва | |
| <i>Погорілий С. П., Присяжний В. Г., Мірний В. Ю.</i> | 10 |
| Обґрунтування параметрів навісного пристрою мобільного енергетичного засобу типу “автотрактор” тягового класу 1,4 | |
| <i>Л. В. Фіалковська</i> | 11 |



Очищення повітря у закладах ресторанного господарства

Deynichenko G., Dmytrevskiy D., Guzenko V., Omelchenko O., Perekrest V. 12

Prospects of using equipment for membrane separation of food liquids

Самойчук К. О., Ковальов О. О., Червоткіна О. О. 13

Порівняння енергоефективності струминних гомогенізаторів молока з роздільною подачею вершків

Червоткіна О. О., Фучаджи Н. О., Ковальов О. О., Паляничка Н. О., Матвійшин П. В. 14

Аналіз методів отримання гранул і засобів для їх реалізації

Лещенко І. А., Шокарев О. М., В'юник О. В. 15

Аналіз існуючих математичних моделей процесу пресування

Тетервак І. Р. 16

Проблема наявності патогенів у компості

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Василишина О. В. 17

Економічна ефективність заморожування плодів вишні попередньо оброблених альгінатом натрію

Антоненко А. В., Бровенко Т. В., Криворучко М. Ю., Толок Г. А., Василенко О. В., Ряднина Ю. О. 18

Технологія лаваша з використанням борошна з кіноа

Бандура І. І., Ткаченко А. Г. 19

Оцінка морфологічних особливостей плодових тіл їстівних грибів *lentinula edodes* та *calocybe indica* як об'єктів зберігання

Янковський Р. В., Степанова Т. М. 20

Актуальні засади технології снекової продукції функціонального спрямування

Савченко-Перерва М. Ю., Сабадаш С. М., Кошель О. Ю. 21

Підвищення показників якості січених виробів із птиці, збагачених на культивовану грибну сировину з використанням сушильного обладнання



- Новікова Н. В., Шумілова К. С.* 22
Розробка функціонального субпродуктового паштету
- Новікова Н. В., Ангелуша А. В.* 23
Оптимізація технології кондитерських виробів з підвищеним вмістом білків
- Дубчак Н. А.* 24
Експериментальні дослідження та агробіологічні характеристики коренеплодів
- Мамай О. І., Кузьміна Т. О., Яковенко Т. О., Стоянова О. В.,
Зубкова К. В.* 25
Технологія переробки вторинної сировини виноробства
- Болгова Н. В., Тараненко Н. В.* 26
Аналіз використання борошна кіноа сорту квартет в технології виробів макаронних
- Дубчак Н. А., Кирик О. М.* 27
Застосування біотехнології у сільськогосподарському виробництві
- Самілик М. М., Цирулик Р. В., Вороненко Н. І.* 28
Застосування морквяних порошків для збагачення молочних продуктів
- Ряполова І. О., Назаренко А. А.* 29
Оцінка небезпечних чинників при переробці забійних тварин
- Сукманов В. О., Супрун А. В.* 30
Технологія отримання пшеничного хліба з екстрактом лушпиння цибулі та оцінка його споживчих властивостей
- Сукманов В. О., Мулько І. С.* 31
Обґрунтування вибору білкової рослинної сировини для розробки сирного продукту
- Fedorov V., Kepko O., Kepko V., A. Berezovskyi, O. Trus, Prokopenko E.,
Zhurilo S.* 32
Study of technological and commercial indicators of oriental types of flatbread during backing in a tandoor



ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

- Попова І. О., Чаусов С. В.* 33
Побудова розрахункової схеми транзисторного негатрону аналога лямбда-діода на польових транзисторах
- Радчук О. В., Савченко-Перерва М. Ю.* 34
Автоматизована система керування апаратами для екстрагування рослинної сировини субкритичною рідиною
- Постол Ю. О., Гулевський В. Б., Власой І. Д.* 35
Енергетичне трансформування України – інтегрована реалізація державної політики
- Галько С. В., Трунова І. М., Мірошник О. О.* 36
Розробка системи енергозабезпечення домогосподарств на основі малопотужного вітроелектрогенератора
- Трунова І. М., Мірошник О. О., Галько С. В.* 37
Дослідження енергоефективності систем мікроклімату тваринницьких приміщень з використанням комп'ютерних технологій
- Юрченко О. Ю., Лівенко Т. І., Матвєєв О. М., Беркут Р. Є., Бугайов В. Г.* 38
Технологія ремонту електродвигунів різного призначення
- Сердюк В. В., Руденко В. А., Соларьов О. О., Саржанов О. А., Саєнко А. В.* 39
Енергозбереження при подрібненні зерна

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

- Азархов О. Ю., Сілі І. І., Єфременко Б. В.* 40
Електронна системи виміру деформацій пілону протезних систем
- Лубко Д. В.* 41
Використання програмного середовища sap erp для створення моделі управління роботою ремонтно-механічних цехів на підприємствах



Антоненко А. В., Сорочинський О. О.

42

Моделювання приватного мережево-серверного середовища з використанням технології OpenNebula



УДК 621.316.929

І. О. Попова, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5429-8269

С.В. Чаусов, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-3811-9077

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,

e-mail: iryna.popova@tsatu.edu.ua, тел.: 098-376-55-19

e-mail: sergii.chausov@tsatu.edu.ua, тел.: 096-743-76-21

ПОБУДОВА РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ ТРАНЗИСТОРНОГО НЕГАТРОНУ АНАЛОГА ЛЯМБДА-ДІОДА НА ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРАХ

Анотація. Робота присвячена розробці схеми заміщення транзисторного негatronу – аналога лямбда-діода на комплементарних польових транзисторах в якості первинного перетворювача та її дослідження з метою отримання рівняння залежності струму стоку від напруги на затискачах аналога лямбда-діода в залежності від параметрів схеми заміщення. Лямбда-діод - це напівпровідниковий прилад, який складається з пари польових транзисторів, включених в певну схему і виконаних на одному кристалі. Лямбда-діод має функцію перемикачання, що забезпечує його широке використання.

Була побудована повна еквівалентна схема заміщення негatronа аналога лямбда-діода, проаналізовано її параметри з огляду на типові параметри застосованих кремнієвих польових транзисторів, що дало змогу спростити схему, в якій канали та затвори польових транзисторів представлені диференціальними опорами на спрощеній еквівалентній аналоговій схемі лямбда-діода, а між електродні ємності не враховуються через їх малий розмір, що при подальшому дослідженні дозволили отримати рівняння вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода. Практичний інтерес має використання негatronа аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача будь-якої фізичної величини, для чого аналог лямбда-діода був застосований у мостовій схемі вимірювача температури: для чого у одній з діагоналей мостового вимірювача використовуються нелінійні елементи, опір яких залежить від температури.

Отримано рівняння вольт-амперної характеристики з урахуванням параметрів мостового вимірювача, що дає змогу стверджувати про можливість використання аналогу лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача. Область застосування аналога



лямбда-діода широка. Авторами отримані патенти, в яких використовуються аналог лямбда-діода: пристрої для контролю температури, відхилення напруги в електричній мережі та несиметрії напруги.

Ключові слова: комплементарна пара, польові транзистори, первинний перетворювач, аналог лямбда-діода.

Постановка проблеми. Існує народно - господарча проблема: підвищення експлуатаційної надійності асинхронних двигунів в АПК, яких у виробництві переважна більшість. Головною причиною існуючої проблеми є експлуатаційні аварійні режими роботи асинхронних двигунів в сільськогосподарському виробництві, тому розробка і удосконалення пристроїв діагностування режиму роботи асинхронних двигунів є одним з шляхів рішення проблеми їх експлуатаційної надійності.

Розробку сучасних приладів діагностування та захисту електрообладнання проводять із використанням новітньої елементної бази, що дозволяє значно спростити схемотехніку порівняно із застосуванням класичних рішень. Завдяки цьому можливе розширення функціональних властивостей таких пристроїв.

Одним з таких перспективних напівпровідникових елементів є негatron – електронний напівпровідниковий пристрій, який в певному режимі роботи має від’ємне значення основного диференційного параметру (від’ємний активний опір, ємність або індуктивність) [1]. Науковий напрям в області електроніки, пов’язаний з теорією і практикою створення і застосування негatronів отримав назву «негatronіка» – електронних пристроїв, що мають у визначеному режимі роботи від’ємний диференційний опір, а електронні пристрої на напівпровідних кристалах мають значну кількість схемотехнічних рішень для широкого класу як аналогових так і цифрових електронних пристроїв різних функціональних призначень.

В області низьких частот більше розповсюдження мають різні модифікації негatronів на базі структури з декількома $p-n$ переходами, лямбда-діоди. Лямбда-діод представляє собою напівпровідниковий пристрій, що складається з пари польових транзисторів з керованими $p-n$ переходами, які включені за визначеною схемою і виконані на одному кристалі. Негatron лямбда-діод має чотири різновиди, що виготовляється промисловістю, та має характеристику перемикача. Негatron лямбда-діод виконаний на одному кристалі є двохполюсником, вольт-амперна характеристика має ділянку з позитивним диференційним опором, яка властива звичайному діоду, та ділянку з негативним диференційним опором, як у тунельного діоду. При збільшенні прикладеної напруги позитивної полярності до



лямбда-діода (анод позитивний) струм через негатрон лямбда-діод спочатку зростає, при якійсь напрузі досягає максимального значення, при подальшій збільшенні напруги струм зменшується. При напрузі, рівній напрузі запирання транзисторів, обидва транзистори переходять в запертий стан, і струм лямбда діода зменшується до величини декількох наноампер. При подальшому збільшенні напруги лямбда-діод залишається у закритому стані аж до прямої напруги пробую, при якій один з затворів пробивається. Перевагою негатрону лямбда-діода є висока технологічність і простота виготовлення, порівняно зі звичайними приладами з негативним опором, що дає можливість сполучати з іншими напівпровідниковими пристроями, мізерно мале електроспоживання в закритому стані, малі втрати енергії, високу температурну стабільність, значну і стабільну амплітуду вихідного сигналу [2]. До недоліків лямбда-діода слід віднести неможливість регулювати або збільшувати ширину його природньої вольт-амперної характеристики [3].

Аналіз останніх досліджень. Технологія виробництва напівпровідникових пристроїв сьогодні досягла високої досконалості, однак процес їх виготовлення достатньо трудомісткий. З цієї точки зору більш цікавим є застосування аналогів негатронів на базі різних схемотехнічних комбінацій активних пристроїв, наприклад, аналогів лямбда-діоду на базі польових транзисторів.

В ТДАТУ розроблено аналог лямбда-діода (рис.1), що складається з двох польових транзисторів, які являють собою комплементарну пару польових транзисторів з керуючими *p-n* переходами (англ. *complementation* – доповнення).

Під комплементарною парою транзисторів мають на увазі такі транзистори, що схожі за абсолютними значеннями параметрів, але мають різні типи провідностей. Вони включені за визначеною схемою, один з польових транзисторів має канал *p*-типу, а інший – канал *n*-типу, стоки або витoki яких об'єднані [1].

Негатрон аналога лямбда-діода, виконаний на двох польових транзисторах: один з польових транзисторів має канал *p*-типу (КП303Г, КП303Б, КП303Е), а другий – канал *n*-типу (КП103Л, КП103М) з об'єднаними витокami. Таким чином, для побудови розрахункової схеми прийнятий негатрон аналог лямбда-діода, виконаний на комплементарних парах, наприклад, КП303Г-КП103Л, КП303Б-КП103М, КП303Е-КП103М з об'єднаними витокami [4].

Формулювання цілей статті. Побудувати розрахункову схему негатрона аналога лямбда-діода з метою визначити можливість застосування його в якості вимірювального перетворювача і визначення його параметрів.

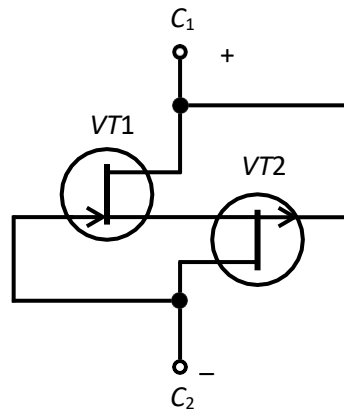


Рисунок 1. Принципова схема негatronу аналога лямбда-діода

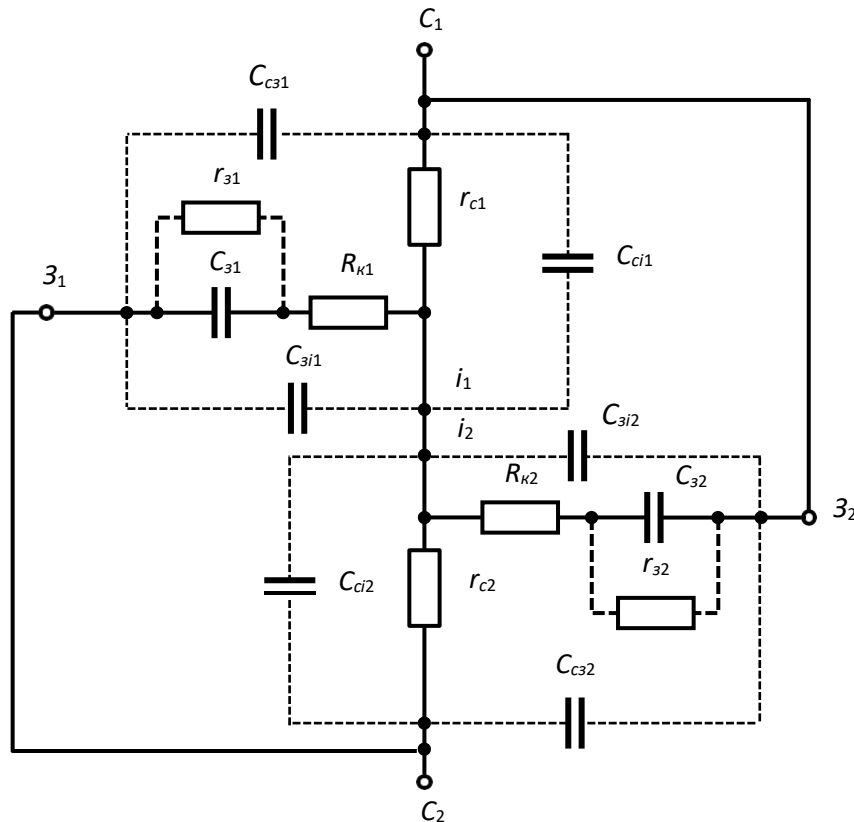


Рисунок 2. Повна розрахункова схема негatronу аналога лямбда-діода

Результати досліджень. Для обґрунтування використання аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача і визначення його параметрів, розглянемо повну розрахункову схему аналога лямбда-діода, яка приведена на рис. 2. До речі розрахункова схема лямбда-діода показує фізичні явища та фізичну процеси, які відбуваються у ньому при проходженні по лямбда-діоду електричного струму.



Канал кожного польового транзистора і $p-n$ перехід подані у вигляді RC ланок із зосередженими параметрами. Канали подані диференціальними опорами r_{c1} і r_{c2} і між-електродними ємностями C_{ci1} і C_{ci2} , величина яких визначається геометрією і матеріалом польових транзисторів. Затвори аналога лямбда-діода подані опорами r_{z1} і r_{z2} [2, 5, 6].

Через опори каналів відбувається зарядка ємностей затворів. При цьому різні ділянки ємностей заряджаються через різні опори каналів у залежності від відстані даної ділянки від витоків. Прийmemo, що ємності затворів заряджаються через усереднені опори каналів R_{k1} і R_{k2} , що і обумовлюють кінцеву усталену часу τ_z аналога лямбда-діода.

Значення параметрів кремнієвих польових транзисторів [2] при напрузі $U_{ci} = 10$ В і $U_{zi} = 0$ є такі:

$$C_z = 3 \dots 10 \text{ пФ}; C_{zi} = 0,5 \text{ пФ}; C_{cz} = 0,5 \text{ пФ}; C_{ci} = 0,3 \dots 1 \text{ пФ}; \\ r_z = 10^{10} \text{ Ом}; r_c = 0,1 \dots 1 \text{ МОм}; R_{k1} \approx 200 \text{ Ом}; R_{k2} = 75 \dots 200 \text{ Ом} [1, 2].$$

Оскільки значення ємностей C_z , C_{zi} , C_{cz} , C_{ci} дуже малі, то ними можна зневажити, а отже еквівалентна розрахункова схема аналога лямбда-діода приймає вигляд, зображений на рис. 3.

Слід зазначити, що опори затворів достатньо великі – $10^9 \dots 10^{10}$ Ом [7], тому на диференціальні опори каналів r_{c1} і r_{c2} аналога лямбда-діода впливають не струми, що течуть через затвори польових транзисторів (у силу їх крайнє малих значень), а падіння напруг на їх затворах.

Рівняння стокової вольт-амперної характеристики лямбда-діода

$$I = \frac{1}{R_{ko1}} \frac{U_{c1}(U_{z01} - U_{z1} - 1/2U_{c1})}{U_{z01}} = \frac{1}{R_{ko2}} \frac{U_{c2}(U_{z02} - U_{z2} - 1/2U_{c2})}{U_{z02}}, \quad (1)$$

де R_{ko1} , R_{ko2} – диференціальні опори каналів польових транзисторів;

U_{c1} , U_{c2} – падіння напруги між стоком і витком польових транзисторів;

U_{z01} , U_{z02} – напруга відсічки польових транзисторів;

U_{z1} , U_{z2} – напруга між затвором і витком польових транзисторів.

Оскільки напруга між затвором і витком транзистора $VT1$ дорівнює падінню напруги між стоком і витком транзистора $VT2$, тобто $U_{z1} = U_{c2}$, а напруга між затвором і витком транзистора $VT2$ дорівнює падінню напруги між стоком і витком транзистора $VT1$, тобто $U_{z2} = U_{c1}$, то напруга на аналогу лямбда-діода буде дорівнювати

$$U_\lambda = U_{c1} + U_{c2}. \quad (2)$$

Після підстановки (2) у (1) одержимо рівняння

$$I = \frac{1}{R_{ko2} U_{z02}} \cdot U_{c2} \cdot U_{z02} - \frac{1}{R_{ko2} U_{z02}} \cdot U_{c2} \cdot U_{c1} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{R_{ko2} U_{z02}} \cdot U_{c2}. \quad (3)$$

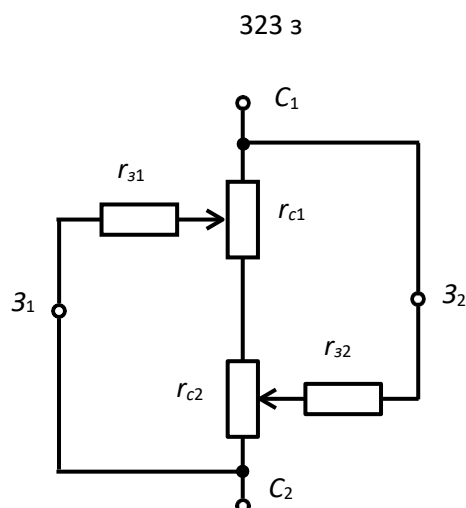


Рисунок 3. Спрощена розрахункова схема аналогу лямбда-діода

Оскільки в аналогу лямбда-діода використовується комплементарна пара польових транзисторів, прийемо такі умови: $I_{c1} = I_{c2}$, $U_{c1} = U_{c2}$, $U_{zo1} = U_{zo2}$, $R_{ko1} = R_{ko2}$, тоді рівняння вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода буде мати вигляд

$$I = \frac{1}{2R_{ko}} \cdot U_{\lambda} - \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{R_{ko} U_{zo}} \cdot U_{\lambda}^2. \quad (4)$$

Для використання негatrona аналога лямбда-діода, наприклад, в якості вимірювального перетворювача температури, включимо його за схемою моста (рис. 4) [8]. В цьому випадку опори терморезисторів R_1 і R_3 із збільшенням температури зміняться, в наслідок цього будуть змінюватися потенціали затворів польових транзисторів, опори їхніх каналів, і як слідство, змінюватиметься струм витоку аналога лямбда-діода.

Еквівалентна схема заміщення аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача температури буде мати вигляд, зображений на рис. 5.

У якості резисторів R_1 і R_3 можна використати терморезистори з від'ємним або позитивним температурним коефіцієнтом опору (термістори або позистори), інші нелінійні елементи, опір яких залежить від будь-якої фізичної величини [9, 10].

Напруга на затворах лямбда-діода залежить від величини опорів терморезисторів R_1 , R_3 і резисторів R_2 , R_4 . Рівняння цієї залежності має вигляд

$$U_3 = \frac{U_{\lambda}}{2} - U_{\lambda} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{U_{\lambda}}{2} - U_{\lambda} \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_4}. \quad (5)$$

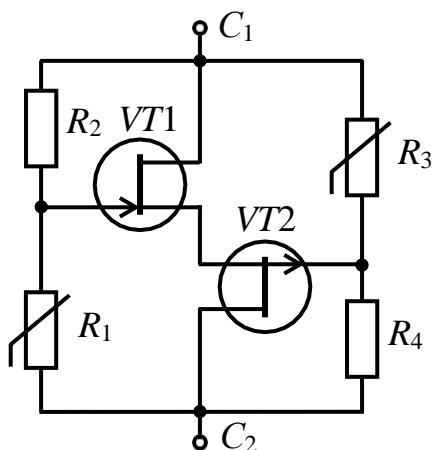


Рисунок 4. Схема аналогу лямбда-діода в якості перетворювача температури

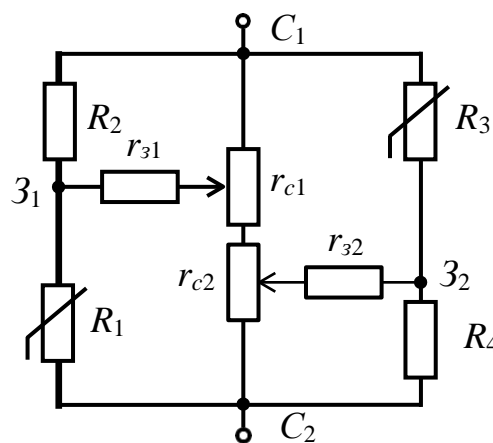


Рисунок 5. Схема заміщення аналогу лямбда-діода в якості перетворювача температури

Для спрощення розрахунку параметрів аналога лямбда-діода прийемо, що R_1 і R_3 – терморезистори одного типу, які знаходяться в однакових температурних умовах, а опори резисторів R_2 і R_4 рівні між собою. Тоді рівняння вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача температури буде мати вигляд

$$I_C = \frac{1}{2R_{\kappa O}} \cdot U_\lambda - \frac{U^2}{2R_{\kappa O} \cdot U_{30}} \left(\frac{3}{4} - \frac{R}{R_1 + R_2} \right) \quad (6)$$

Аналог лямбда-діода, виконаний на компліментарній парі КП303Г-КП103Л, має наступні параметри: постійна часу затвору $\tau_3 = 0,5 \dots 2$ наносекунди, крутизна вольт-амперної характеристики $S = 0,3 \dots 3$ мА/В, середня ємність затворів $C_3 = 3 \dots 10$ пФ, середнє значення опорів каналів аналога лямбда-діода $R_{\kappa\lambda} = 0,2 \dots 2$ МОм [10].

Використовуючи схему заміщення можна розрахувати вольт-амперну характеристику, визначити струм стоку, напругу запирання, а також вибрати параметри резисторів для використання аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача температури.

Висновки. З аналізу рівнянь вольт-амперної характеристики негатрона аналога лямбда-діода можна зробити висновок щодо його використання в якості вимірювального перетворювача будь-якої фізичної величини, можна розрахувати параметри його як перетворювача.

Список використаних джерел

1. Філінюк М. А. Основи негатроніки. Т.1. Теоретичні і фізичні



основи негатроніки. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. 456 с.

2. Філінюк М. А. Основи негатроніки. Т.2. Прикладні аспекти негатроніки. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. 306 с.

3. Філінюк М. А. Інформаційні пристрої на основі потенційно-нестійких багатоелектродних напівпровідникових структур Шоттки : [монографія] / М. А. Філінюк, О. М. Куземко, Л. Б. Ліщинська. Вінниця : ВНТУ, 2009. 274 с.

4. Курашкін С. Ф., Попова І. О., Чураков А. Я. Експериментальне дослідження аналогу лямбда-діода на біполярних транзисторах. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. 2007. Вип.45. С. 40–44.

5. Погосов В. В., Корніч Г. В., Васютін Е. В. та ін. Основи нанofізики і нанотехнологій: Навчальний посібник. Запоріжжя: НТУ, 2008. 632 с.

6. Vendelin G. D., Pavid A. M., Rohde U. L. Microwave circuit design using linear and nonlinear techniques. *Wiley Interscience*. 2005. pp. 1057.

7. Філінюк М. А., Войцеховська О. В. Конструювання та технологія мікроелектронної апаратури. Частина 1. Конструювання елементів мікроелектронної апаратури : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2011. 189 с.

8. Hove J., Manusov V. Technical diagnostics of electric equipment with the use of fuzzy logic models. *Applied Mechanics and Materials: Energy Systems, Materials and Designing in Mechanical Engineering*. 2015. Vol. 792. P. 324–329.

9. Касимов Ф. Д. Перспективы развития и применения микроэлектронной негатроники. *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*. 2008. №5. С. 5–8.

10. Попова І. О., Курашкін С. Ф., Попрядухін В. С. Експериментальне дослідження вольт-амперних характеристик аналога лямбда-діода на уніполярних транзисторах. *Енергетика і автоматика*. 2018. №5(39). С. 59–67.

Стаття надійшла до редакції 27.01.2023 р.

I. Popova, S. Chaurov

Dmytro Motorny Tavrria state agrotechnological university

CONSTRUCTION OF THE CALCULATION CHART OF THE TRANSISTOR NEGATRON ANALOGUE OF A LAMBDA-DIODE ON FIELD TRANSISTORS

Summary

The work is devoted to the development of a transistor negatron replacement circuit - a lambda diode analog on complementary field-effect transistors as a primary converter and its research in order to obtain an equation for the dependence of the drain current on the voltage on the clamps of a lambda diode analog depending on the parameters of the



replacement circuit. A lambda diode is a semiconductor device that consists of a pair of field-effect transistors connected in a certain circuit and made on one crystal. The lambda diode has a switching function, which ensures its wide use.

A full equivalent negatron analog lambda diode replacement circuit was built, its parameters were analyzed in view of the typical parameters of the applied silicon field-effect transistors, which made it possible to simplify the circuit in which the channels and gates of the field-effect transistors are represented by differential resistances on the simplified equivalent analog lambda-diode circuit. and the capacitors between the electrodes are not taken into account due to their small size, which during further research made it possible to obtain the equation of the current-voltage characteristic of the analog of the lambda diode. The use of a negatron analog of a lambda diode as a measuring converter of any physical quantity is of practical interest, for which the analog of a lambda diode was used in the bridge circuit of a temperature meter: for which nonlinear elements whose resistance depends on temperature are used in one of the diagonals of the bridge meter.

The equation of the current-voltage characteristic was obtained taking into account the parameters of the bridge meter, which makes it possible to assert the possibility of using a lambda-diode analogue as a measuring converter. The field of application of the lambda-diode analogue is wide. The authors received patents that use an analogue of the lambda diode: devices for temperature control, voltage deviation in the electrical network and voltage asymmetry.

Key words: complementary pair, polytransistors, first converting device, negatron, analogue of lambda-diode

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 13, том 2.

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Комп'ютерна верстка: Комар А. С.

Підписано до друку 22 квітня 2023 р.
Друкарня ТДАТУ
20,38 умов. друк. арк.