

A mathematical model of dynamic regimes for cooling moist grain in a fixed bed with active ventilation, which can be solved in MathCAD (MATLAB) environments with constant air flow, is obtained. By linearizing non-linear equations and applying Laplace transformations to them under zero initial conditions, we obtain a system of differential equations in operator form. A block diagram of a linear mathematical model is obtained that can be used to synthesize and analyze the automatic control system by the process of cooling the grain in a storage facility.

Keywords: *mathematical model, transfer function, grain embankment, cooled air*

УДК 621.316.929(088.8)

ЕКВІВАЛЕНТНА СХЕМА ЗАМІЩЕННЯ ПЕРВИННОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА НА ОСНОВІ АНАЛОГА ЛЯМБДА-ДІОДА

І. О. ПОПОВА, кандидат технічних наук, доцент
С. Ф. КУРАШКІН, кандидат технічних наук, доцент
Таврійський державний агротехнічний університет
E-mail: irinapopova54@mail.ru

Анотація. *Робота присвячена розробці схеми заміщення 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. Була складена повна еквівалентна схема заміщення аналогу лямбда-діода і проаналізовано її параметри з огляду на типові параметри застосованих кремнієвих польових транзисторів, що дало змогу спростити схему. Подальші дослідження дозволили отримати рівняння вольт-амперної характеристики лямбда-діода.*

Практичний інтерес має використання аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача будь-якої фізичної величини, для чого аналог лямбда-діода був застосований у мостовій схемі вимірювача температури. 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, несиметрії напруги.

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

Актуальність. 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. Лямбда-діод має чотири різновиди та має характеристику перемикача, що дає змогу його широкого застосування. До недоліків лямбда-діода слід віднести неможливість регулювати або збільшувати ширину його природньої вольт-амперної характеристики.

Аналіз останніх досліджень. 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).

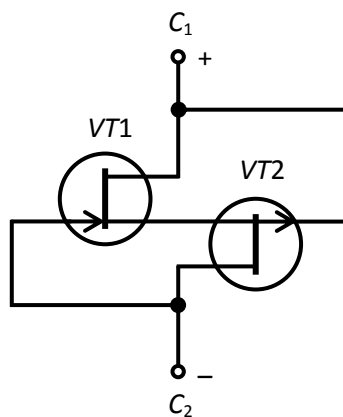


Рис. 1. Принципова схема аналогу лямбда-діода

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, витоки яких об'єднані [1].

Мета дослідження – дослідити еквівалентну схему заміщення аналога лямбда-діода з метою визначення можливості застосування його в якості вимірювального перетворювача.

Матеріали і методи дослідження. Для обґрунтування використання аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача розглянемо повну еквівалентну схему заміщення аналога лямбда-діода, яка приведена на рис. 2.

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_{c1} і

C_{ci2} , величина яких визначається геометрією і матеріалом польових транзисторів. Затвори аналога лямбда-діода подані опорами $r_{з1}$ і $r_{з2}$.

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. Прийнемо, що ємності затворів заряджаються через усереднені опори каналів $R_{к1}$ і $R_{к2}$, що і обумовлюють кінцеву усталену часу τ_3 лямбда-діода.

Значення параметрів кремнієвих польових транзисторів [2] за напруги $U_{ci} = 10$ В і $U_{зi} = 0$ є такі: $C_3 = 3...10$ пФ; $C_{зi} = 0,5$ пФ; $C_{сз} = 0,5$ пФ; $C_{ci} = 0,3...1$ пФ; $r_3 = 10^{10}$ Ом; $r_c = 0,1...1$ МОм; $R_{к1} \approx 200$ Ом; $R_{к2} = 75...200$ Ом.

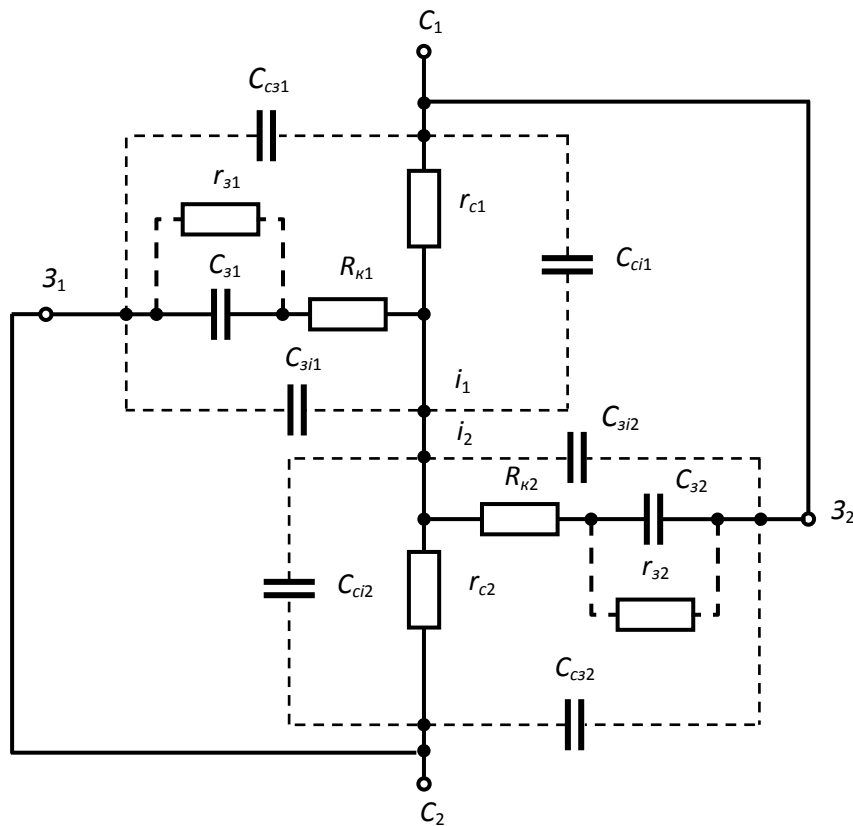


Рис. 2. Повна еквівалентна схема заміщення аналогу лямбда-діода

Оскільки значення ємностей C_3 , $C_{зi}$, $C_{сз}$, C_{ci} невеликі, то ними можна знехтувати, а отже еквівалентна схема заміщення аналога лямбда-діода приймає вигляд, зображений на рис. 3.

Слід зазначити, що опори затворів достатньо великі – $10^9...10^{10}$ Ом [2], 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 вкрай малих значень), а падіння напруг на їх затворах.

Результати досліджень та їх обговорення. Рівняння стокової вольт-амперної характеристики лямбда-діода:

$$I = \frac{1}{R_{\kappa 01}} \frac{U_{c1}(U_{301} - U_{31} - 1/2U_{c1})}{U_{301}} = \frac{1}{R_{\kappa 02}} \frac{U_{c2}(U_{302} - U_{32} - 1/2U_{c2})}{U_{302}}, \quad (1)$$

де $R_{\kappa 01}, R_{\kappa 02}$ – диференціальні опори каналів польових транзисторів;
 U_{c1}, U_{c2} – падіння напруги між стоком і витком польових транзисторів;

U_{301}, U_{302} – напруга відсічки польових транзисторів;

U_{31}, U_{32} – напруга між затвором і витком польових транзисторів.

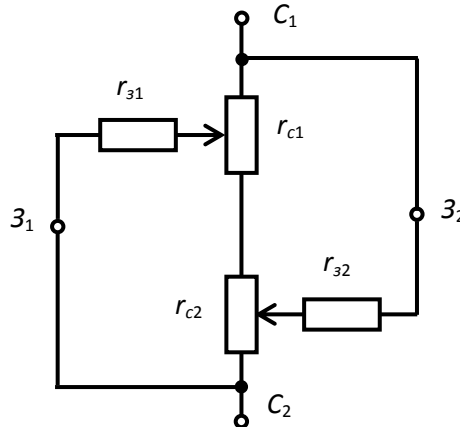


Рис. 3. Спрощена схема заміщення аналогу лямбда-діода

Оскільки напруга між затвором і витком транзистора $VT1$ дорівнює падінню напруги між стоком і витком транзистора $VT2$, тобто $U_{31} = U_{c2}$, а напруга між затвором і витком транзистора $VT2$ дорівнює падінню напруги між стоком і витком транзистора $VT1$, тобто $U_{32} = U_{c1}$, то напруга на аналогу лямбда-діода буде дорівнювати:

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

Після підстановки (2) у (1) одержимо рівняння:

$$I = \frac{1}{R_{\kappa 02} U_{302}} \cdot U_{c2} \cdot U_{302} - \frac{1}{R_{\kappa 02} U_{302}} \cdot U_{c2} \cdot U_{c1} - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{R_{\kappa 02} U_{302}} \cdot U_{c2}. \quad (3)$$

Оскільки в аналогу лямбда-діода використовується комплементарна пара польових транзисторів, прийемо такі умови: $I_{c1} = I_{c2}$, $U_{c1} = U_{c2}$, $U_{301} = U_{302}$, $R_{\kappa 01} = R_{\kappa 02}$, тоді рівняння вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода буде мати вигляд:

$$I = \frac{1}{2R_{\kappa 0}} \cdot U_{\lambda} - \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{R_{\kappa 0} U_{30}} \cdot U_{\lambda}^2. \quad (4)$$

Для використання аналога лямбда-діода, наприклад, в якості вимірювального перетворювача температури, включимо його за схемою моста (рис. 4). Еквівалентна схема заміщення аналога лямбда-діода в якості вимірювального перетворювача температури буде мати вигляд, зображений на рис. 5.

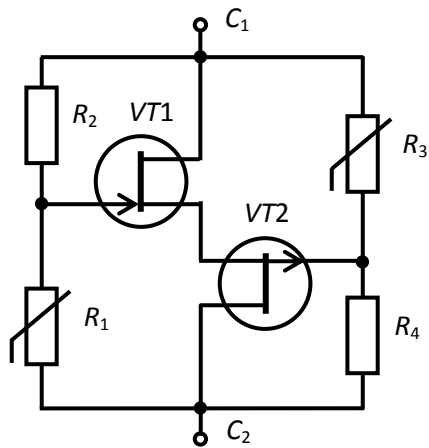


Рис. 4. Схема аналогу лямбда-діода в якості перетворювача температури

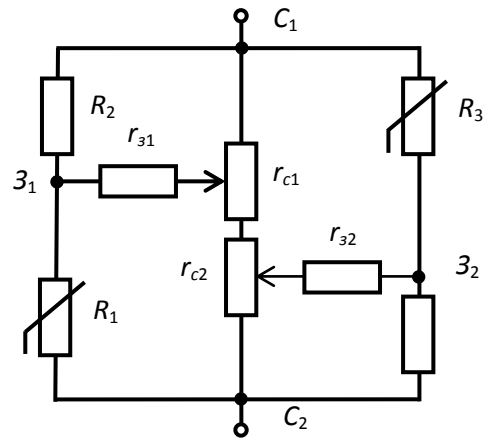


Рис. 5. Схема заміщення аналогу лямбда-діода в якості перетворювача температури

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. 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:

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

Для спрощення розрахунку параметрів аналогу 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:

$$I_C = \frac{1}{2R_{к0}} \cdot U_\lambda - \frac{U_\lambda^2}{2R_{к0} \cdot U_{30}} \left(\frac{3}{4} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right). \quad (6)$$

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 і перспективи подальших досліджень. З аналізу рівнянь вольт-амперної характеристики аналога лямбда-діода можна зробити висновок щодо його використання в якості вимірювального перетворювача будь-якої фізичної величини.

Список використаних джерел

1. Жарков, В. Я. Застосування аналогу лямбда-діода для діагностики та захисту електрообладнання від аномальних режимів роботи / В. Я. Жарков, І. О. Попова // Науковий вісник Національного Аграрного Університету. – К.: НАУ, 1999. – Вип.19. – С.211-215.
2. Степаненко, И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем / И. П. Степаненко. – М.: Энергия, 1977. – 671 с.

References

1. Zharkov, V. Y., Popova, I. O. (1999). Zastosuvannja analogu ljambda-dioda dlja diagnostiki ta zahistu elektroobladnannja vid anormal'nih rezhimiv roboti [Lambda-diode analogue application for diagnostics and electrical equipment defense from the abnormal modes]. Kyiv, Ukraine: Scientific announcer of National Agriculture University, 19, 211–215.
2. Stepanenko I. P. (1977). Osnovy teorii tranzistorov I transistornyh shem [basic theory of transistors and transistor circuits]. Moscow: Energy, 671.

ЭКВИВАЛЕНТНАЯ СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ АНАЛОГА ЛЯМБДА-ДИОДА

И. А. Попова, С. Ф. Курашкин

Аннотация. Работа посвящена разработке схемы замещения аналога лямбда-диода на комплементарных полевых транзисторах в качестве первичного преобразователя и ее исследование с целью получения уравнения зависимости тока стока от напряжения на зажимах аналога лямбда-диода в зависимости от параметров схемы замещения. Была составлена полная эквивалентная схема замещения аналога лямбда-диода и проанализированы ее параметры с учетом типичных параметров применяемых кремниевых полевых транзисторов, что дало возможность упростить схему. Дальнейшие исследования позволили получить уравнение вольт-амперной характеристики лямбда-диода.

Практический интерес имеет применение аналога лямбда-диода в качестве измерительного преобразователя любой физической величины, для чего аналог лямбда-диода был применен в мостовой схеме измерителя температуры. В одной из диагоналей мостового измерителя используются нелинейные элементы, сопротивление которых зависит от температуры.

Получено уравнение вольтамперной характеристики с учетом параметров мостового измерителя, что дает возможность утверждать о возможности использования аналога лямбда-диода в качестве измерительного преобразователя. Область применения аналога лямбда-диода широкая.

Авторами получены патенты, в которых используется аналог лямбда-диода: устройства для контроля температуры, отклонения напряжения в электрической сети, несимметрии напряжения.

Ключевые слова: *комплементарная пара, полевые транзисторы, первичный преобразователь, аналог лямбда-диода*

THE EQUIVALENT CIRCUIT OF SUBSTITUTION AS A PRIMARY ELEMENT BASED ON LAMBDA DIODE ANALOGUE

I. A. Popova, S. F. Kurashkin

Abstract. *The research is devoted to lambda-diode analogue equivalent circuit of substitution development as a transducer and receipt of equalization of current of flow and tension on the clamps of lambda-diode analogue depending on the parameters of substitution circuit. There was made complete equivalent circuit of substituting for lambda-diode analogue. Its parameters have been analyzed and typical parameters applied the FET transistors were taking into account, that enabled to simplify a circuit. Further researches allowed to get a volt-ampere characteristic of lambda-diode equalization. Lambda-diode analogue application as a measuring transducer of any physical unit has a practical interest. For that purpose the lambda-diode analogue was applied in the bridge circuit as a temperature measurer. Nonlinear elements which resistance depends on a temperature are used in one of diagonals of measurer bridge. Volt-ampere characteristic equalization was determined and parameters of measurer bridge were taking into account. It enables to state about possibility to use a lambda-diode analogue as a measuring transducer. An application of lambda-diode analogue is wide. Patents where lambda-diode analogue is used were received by authors: device for control a temperature, voltage deviation in electrical network, voltage asymmetry.*

Keywords: *complementation pair, FET transistors, primary element, transducer, lambda diode analogue*

УДК 632.9:631.302

МОДЕЛЬ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

А. Г. КУШНІРЕНКО, кандидат технічних наук, доцент
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

E-mail: nni elektrik@gmail.com

Анотація. *Дослідження присвячені вивченню поведінки узагальнюючого вектора намагніченості в насінні сільськогосподарських культур за дії на нього поздовжніми постійними та поперечними змінними магнітними полями за методикою ядерного магнітного резонансу.*

На основі проведених теоретичних досліджень визначено величину середньої магнітної сприйнятливості одиниці об'єму насіння χ

© А. Г. Кушніренко, 2017