

КЕРОВАНА ЧОТИРИТАКТНА ТРАНЗИСТОРНА ІНДУКТИВНІСТЬ

*Гаврасієнко П. О., магістрант; Кичак В. В. магістрант;
Овчарук А. А. магістрант*

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Стан досліджень

Частотні та фазові модулятори на основі керованої реактивності знайшли широке розповсюдження в техніці зв'язку. Збільшення швидкості передачі інформації в каналах зв'язку безпосередньо пов'язане з розширенням смуги частот, а відповідно і індексу модуляції, що вимагає розширення динамічного діапазону девіації частоти.

Як показують результати досліджень [1,2], використання варикапів в частотних модуляторах при простоті реалізації вимагає додаткових заходів по лінеаризації модуляційних характеристик і, особливо, щодо стабілізації центральної частоти. Застосування в якості керованих реактивностей транзисторних елементів [3] дозволяє розширити діапазон девіації, але лінеаризація модуляційних характеристик в одноктактних схемах досягається в основному обмеженням діапазону девіації. Встановлення потрібного режиму по постійному струму транзисторів реактивності вимагає використання додаткових елементів живлення, блокування і фільтрації, що зменшує надійність пристрою. Використання додаткових джерел живлення також знижує енергетичну ефективність пристрою в цілому і обмежує область використання таких пристроїв тільки низько потужними вузлами електронних засобів. Це обмеження обумовлює використання енергетично не вигідного режиму роботи класу А, що в свою чергу збільшує температурну нестабільність генератора в цілому.

Мета досліджень

Чотиритактний режим роботи активних елементів характеризується високим рівнем придушення парних гармонік і збільшенням коефіцієнту корисної дії майже в три рази по відношенню до режиму класу А. Зменшення рівня парних гармонік і постійної складової вихідного струму дозволяє зменшити рівень нелінійних спотворень і зміщення центральної частоти, а зменшення втрат на вихідному електроді – збільшити температурну стабільність генератора. Чотиритактна структура виключає необхідність використання зовнішніх додаткових джерел живлення. Таким чином метою досліджень є розробка і аналіз транзисторного реактивного елемента, керованої індуктивності, з чотиритактною структурою.

Результати досліджень

В якості керуючого елемента в частотних модуляторах можуть викори-

стовуватись реактивні каскади на транзисторах. В літературних джерелах вже розглядалося створення керованої індуктивності на транзисторі [2, 4], яка містить транзистор VT , між вхідним (база) і спільним (емітер) електродами якого ввімкнено конденсатор C , а між вхідним і вихідним (колектор) ввімкнено резистор R . Спільний електрод транзистора приєднано до спільного виходу пристрою, вихідний електрод транзистора до високочастотного входу U_{ω} , на який подаватиметься коливання-носії. Керуючий електрод транзистора з'єднано з керуючим входом U_{Ω} , на який надходить низькочастотний сигнал.

Для розширення діапазону девіації еквівалентної індуктивності запропонована двотактна схема [5, 6]. Подальшим розвитком такої структури є використання чотиритактної транзисторної індуктивності. Тобто до існуючої двотактної структури, яка містить два транзистори протилежного типу провідності VT_1 і VT_4 , між вхідними і керуючими електродами яких включено по резистору R_1 і R_2 і до керуючих і спільних електродів підключено по конденсатору C_1 і C_2 , додаємо третій та четвертий транзистори протилежного типу провідності VT_2 і VT_3 , чотири діоди $VD_1 - VD_4$ і два дроселя L_1 і L_2 . Схема керованої індуктивності наведена на рис. 1.

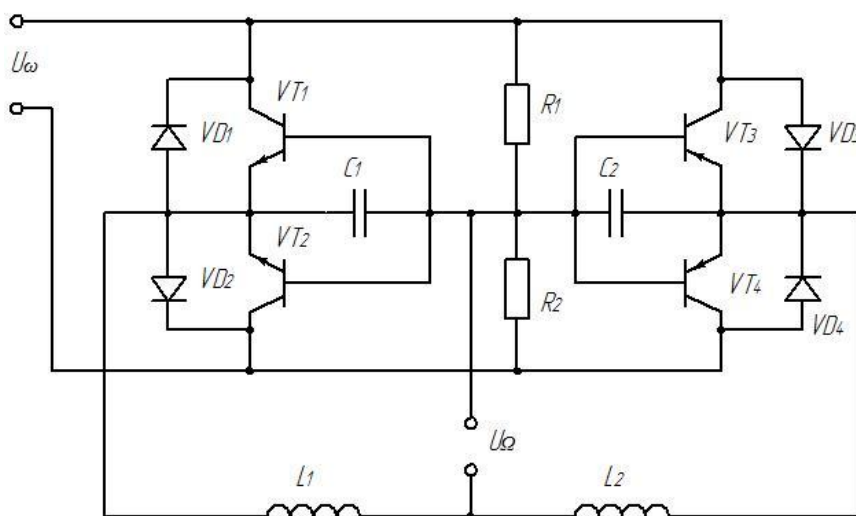


Рис. 1. Керована чотиритактна транзисторна індуктивність

При використанні керованої індуктивності на біполярних транзисторах вихідним електродом є колектор, керуючим – база, спільним – емітер. При виконанні на польових транзисторах вихідним електродом є стік, керуючим – заслін, спільним – витік.

До виходів пристрою U_{ω} прикладається високочастотна гармонічна напруга, яка може бути подана, наприклад, від автогенератора:

$$u(t) = U_m \cos \omega t. \quad (1)$$

В пристрої, що пропонується, забезпечується безперервність струму

між виходами U_{ω} при живленні від джерела сигналу (1) і напруги модуляції:

$$e(t) = E_m \cos \Omega t$$

яка забезпечує зміщення на бази всіх транзисторів для будь-якого сполучення цих напруг. Можливі сполучення і стан транзисторів і діодів відповідно до них наведено в табл. 1 («1» відповідає відкритому стану елемента, «0» – закритому стану).

Таблиця 1. Стан транзисторів і діодів при різних значеннях напруги

N	$u(t)$	$e(t)$	VT_1	VT_2	VT_3	VT_4	VD_1	VD_2	VD_3	VD_4
1	+	+	1	0	0	0	0	1	0	0
2	-	+	0	1	0	0	1	0	0	0
3	+	-	0	0	0	1	0	0	1	0
4	-	-	0	0	1	0	0	0	0	1

Номінали резисторів R_1 і R_2 вибрано так, що еквівалентний опір R кожного з них буде більшим за реактивний опір X конденсаторів C_1 і C_2 з ємністю C :

$$R \gg X = \frac{1}{\omega \cdot C}.$$

В цьому випадку струм через подільника RC для кожного транзистора співпадатиме з напругою $u(t)$, що прикладена між виводами пристрою U_{ω} , по фазі. За рахунок реактивного опору конденсаторів C_1 і C_2 , напруга на них відставатиме на кут близький до 90° :

$$U_C = k \cdot U_m \cos \omega t,$$

де $k = X / \sqrt{X^2 + R^2}$ - коефіцієнт передачі подільника RC на частоті ω .

Завдяки зсуву напруги U_C , яка подається на вхідні електроди всіх транзисторів, струми вихідних електродів кожного транзистора у відкритому стані також будуть зсунутим на 90° по відношенню до напруги, що прикладена до вихідних електродів:

$$i_{bux} = S \cdot U_C = S \cdot k \cdot U_m \cos \omega t,$$

де S - крутість передаточної характеристики, яку можна вважати реальним числом при роботі транзисторів на частотах нижче граничної.

Таким чином, струм i_{bux} між виходами пристрою U_{ω} буде запізнюватись на 90° по відношенню до напруги, що прикладена до тих же виходів. Тобто при такому схемному рішенні і прийнятих співвідношеннях пристрій по реакції еквівалентний індуктивності L_e . В активному режимі:

$$L_e = \frac{|U_m|}{|i_{bux}| \omega} = \frac{U_m}{S \cdot k \cdot U_m \cdot \omega} = \frac{1}{S \cdot k \cdot \omega}.$$

Зміна значення індуктивності L_e здійснюється подачею напруги моду-

ляції на входи модуляції U_{Ω} , яка змінює зміщення на керуючих електродах всіх транзисторів. Дроселі L_1 і L_2 використовуються для виключення впливу високочастотної вхідної напруги на входи напруги модуляції U_{Ω} . За рахунок того, що транзистори мають протилежну провідність, активні режими кожного з них відповідатимуть протилежним напівперіодам напруги модуляції згідно таблиці.

При симетрії плеч та ідентичності параметрів всіх транзисторів, що легко реалізується в ІС, в навантаженні, яке підключається до виходів U_{ω} пристрою компенсується постійна складова струмів вихідних електродів і парні гармоніки частот модуляції, що дозволяє зменшити зміщення центральної частоти автогенератора та збільшити стабільність частоти. Зменшення рівня парних гармонік частот модуляції веде до зменшення нелінійних спотворень в сигналі, що передається і відповідно в сигналі, який отримується після демодуляції.

Введення другої пари транзисторів VT_2 і VT_3 та чотирьох діодів дозволяє забезпечити живлення транзисторів від джерел високочастотного та модулюючого сигналів. Це виключає необхідність використання зовнішніх додаткових джерел живлення для даного пристрою, тобто він є енергетично і економічно ефективним.

Сукупність цих факторів дозволяє розширити галузь застосування пристрою. Ці обставини підтверджують виконання поставленої задачі.

Висновки

1. Для зменшення зміщення центральної частоти автогенератора та збільшення стабільності частоти необхідно забезпечити ідентичність параметрів транзисторів різного типу провідності.

2. Використання чотиритактної структури забезпечити живлення транзисторів від джерел високочастотного та модулюючого сигналів, що виключає необхідність використання зовнішніх додаткових джерел живлення.

Література

1. Кичак В.М., Нассир Мансур Абухамуд, Трухачёва Н.В. Методы линеаризации модуляционной характеристики частотного модулятора // Вісник хмельницького національного університету. – 2010. – №3. – С. 177-181.

2. Ульяновичев И.А., Малюнас К.С. Линеаризация закона управления частотой генератора с варикапами // Техника средств связи. Сер. Радиоизмерительная техника. – 1980. – №4. – С. 41-49.

3. Кичак В.М., Нассир Мансур Абухамуд, Дрючин О.О. Оптимізація вибору режиму керованої реактивності // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. – 2010. – №3. – С. 232-237.

4. Пашев А.М., Касимов Ф.Д., Филинюк М.А., Негоденко О.Н. Физико-технические и схемотехнические основы негatronики. – Баку: ЭЛМ, 2008. – 433 с.

5. Гаврасієнко П.О., Дрючин О.О., Кичак В.М., Костюк Ю.М. Керована двотактна індуктивність // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2010. – №2. – С. 83-85.

Б.Кичак В.М., Дрючин О.О., Гаврасієнко П.О. Керована індуктивність // Патент на корисну модель № 54809. Україна, МПК (2009) H03H 11/00. № u201006148; заявл. 21.05.2010; опубл. 25.11.2010; Бюл № 22, 2010. – 2010. – 3 с.

Гаврасієнко П. О., Кичак В. В. Овчарук А. А. Керована чотиритактна транзисторна індуктивність. Розглянуто можливість реалізації функції індуктивності у вигляді чотиритактної структури на базі транзисторів різної полярності та проведено її аналіз. Застосування такої структури при симетрії її плеч суттєво зменшує рівень другої гармоніки та нелінійних спотворень і виключає необхідність використання зовнішніх додаткових джерел живлення. Запропонована індуктивність відрізняється високою стабільністю та може широко використовуватися під час проектування радіоелектронних пристроїв.

Ключові слова: транзисторна індуктивність, температурна стабільність, нелінійні спотворення

Гаврасієнко П. О., Кичак В. В. Овчарук А. А. Управляемая четырехтактные транзисторная индуктивность. Рассмотрена возможность реализации функции индуктивности в виде четырехтактной структуры на базе транзисторов разной полярности и проведен ее анализ. Применение такой структуры при симметрии ее плеч существенно уменьшает уровень второй гармоники и нелинейных искажений и исключает необходимость использования внешних дополнительных источников питания. Предложенная индуктивность отличается повышенной стабильностью и может широко применяться при проектировании радиоэлектронных устройств.

Ключевые слова: транзисторная индуктивность, температурная стабильность, нелинейные искажения

Gavrasienko P. O., Kichak V. V., Ovcharuk A. A. Regulated four tact transistor inductance. Marketability function of inductance is considered as a four tact structure on the base of transistors of different polarity and its analysis is conducted. Application of such structure at symmetry of it shoulders substantially diminishes the level of the second accordion and nonlinear distortions and eliminates the necessity of the use of additional outsourcings of feed. The proposed inductor has high stability and can be widely applied in the design of electronic devices.

Keywords: inductive transistor, temperature stability, nonlinear distortion