

УДК 621.396

С. П. Кононов, к. т. н., доц.

СТАБІЛЬНІ ДІАПАЗОННІ АВТОГЕНЕРАТОРИ НА ВАРИКАПАХ

Проведено аналіз вибіркової системи діапазонних автогенераторів радіоприймальних пристроїв. Наведено підходи до розрахунку додаткових конденсаторів забезпечення термокомпенсації діапазонних автогенераторів на варикапах. Отримані аналітичні співвідношення можна використати для розрахунку опорних діапазонних генераторів супергетеродинних приймачів.

Вступ

В радіотехнічних пристроях широке застосування знайшли варикапи — електронні ємності, керувані напругою. Зручним виявляється їх використання, наприклад, в діапазонних автогенераторах супергетеродинних радіоприймальних пристроїв [1]. Перевагами генераторів на варикапах є послаблення мікрофонного ефекту, можливість дистанційного керування, введення фіксованих налаштувань, спрощення конструкції пристрою та зменшення його ваги. Недоліком діапазонного автогенератора на варикапі є невисока частотна стабільність. Серед факторів, що її викликають, найвагомішим є вплив температури на варикап.

Аналіз останніх робіт [2, 3] дозволяє виділити певні тенденції в розвитку техніки діапазонних автогенераторів для радіоприймальної апаратури. По-перше, високочастотні вузли будуються на основі інтегральних схем, органами частотної настройки є як конденсатори змінної ємності, так і варикапи. По-друге, в автогенераторах з фіксованою настройкою частоту змінюють тільки варикапи, які суттєво програють у стабільності конденсаторам змінної ємності. Живлення кіл варикапа при цьому здійснюють від високоякісних інтегральних стабілізаторів напруги. Нарешті, для підвищення стабільності таких автогенераторів, їх вводять до складу цифрових частотних синтезаторів спеціальних інтегральних схем. У той же час, повна реалізація усіх можливостей, які надають різні способи термокомпенсації [4], дозволила б значно зменшити частотну нестабільність діапазонного автогенератора на варикапі без його помітного ускладнення.

Постановка проблеми

Зміна основного параметра варикапа ємності відбувається через її великий температурний коефіцієнт ємності (ТКЄ) α_c , який залежить від зворотної напруги на варикапі U і від температури.

Поліпшити частотну стабільність автогенератора можна шляхом введення в LC -контур послідовно і паралельно з варикапом додаткових конденсаторів [4], (рис. 1).

В схемі з двома додатковими конденсаторами (рис. 1) досягається повна термокомпенсація в двох точках діапазону (рис. 2) і, відповідно, значно зменшується температурний коефіцієнт частоти (ТКЧ) α_f діапазонного автогенератора.

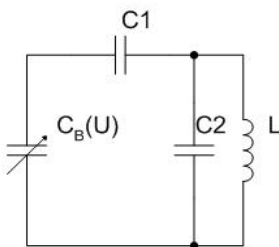


Рис. 1. Схема температурної

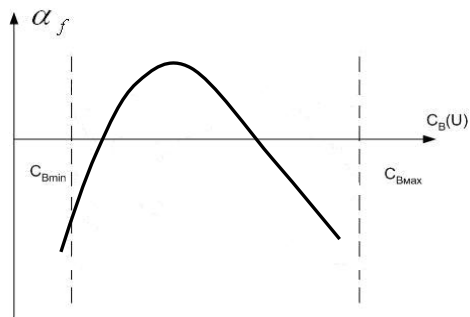


Рис. 2. ТКЧ діапазонного автогенератора компенсації

Отримані вирази [5], для ТКЄ додаткових конденсаторів у випадку, коли в двох точках частотного діапазону автогенератора, в яких реалізована повна термокомпенсація, ємність варикапа набуває значення C_{B1} , C_{B2} , а його ТКЄ — відповідно α_{B1} , α_{B2} :

$$\alpha_{C1} = \frac{1}{Z} \{ \alpha_C [C_1 (C_{B1} (C_1 + C_{B1}) - C_{B2} (C_1 + C_{B2})) + DR] + 2DC_1 (\alpha_{B2} - \alpha_{B1}) - \alpha_{B1} C_{B1} (C_1^2 + C_{B2}^2) + \alpha_{B2} C_{B2} (C_1^2 + C_{B1}^2) \};$$

$$\alpha_{C2} = \alpha_C + \frac{C_1 D}{C_2 Z} (- C_{B1} \alpha_{B2} + C_{B2} \alpha_{B1} + \alpha_C R),$$

де $D = C_{B1} C_{B2}$, $R = C_{B1} - C_{B2}$, $Z = R (C_{B1} C_1 + 2D + C_{B2} C_1)$.

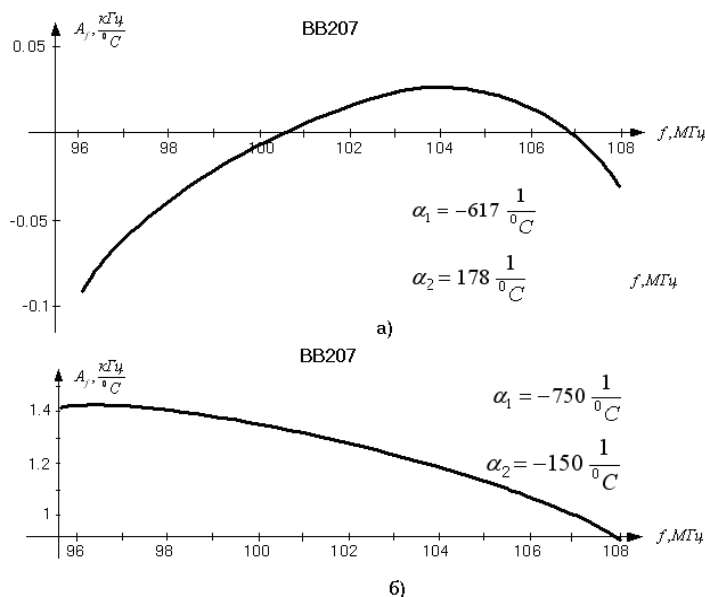


Рис. 3. Залежність абсолютного ТКЧ діапазонного автогенератора

На рис. 3 показані залежності абсолютного ТКЧ A_f від частоти настройки діапазонного УКХ автогенератора на варикапі ВВ207 [6] для точної термокомпенсації в двох точках (рис. 3а) і з найближчими до точних значень α_{C1} , α_{C2} групами ТКЄ конденсаторів C_1 , C_2 (рис. 3б). В останньому випадку частотна нестабільність значно зросла, вона може стати неприпустимо великою.

Актуальним є встановлення в контур автогенератора конденсаторів з точнішими значеннями ТКЄ. Один з можливих шляхів вирішення цієї задачі — розробка схеми електронного конденсатора, в якому була б передбачена можливість зміни ТКЄ.

Результати дослідження

З метою отримання ємності зі змінним ТКЄ пропонується схема (рис. 4), яка складається з двох конденсаторів C однакової ємності, але з різними ТКЄ α_{max} і α_{min} . Крім того, в схему введені дві змінні ємності, наприклад, варикапи X і Y . Створюються такі умови регулювання напруги U , щоб для будь-якої пари ємностей $X(U)$, $Y(U)$ сумарна ємність C_{Σ} залишалась незмінною. У випадку, коли ємність $X(U)$ набагато більша ємності C , а ємність $Y(U)$ сумірна з C , підсумковий ТКЄ схеми α_{Σ} визначається, в основному, конденсатором C з ТКЄ α_{max} . І навпаки, якщо ємності $X(U)$ і C сумірні, а ємність $Y(U)$ набагато більша ємності C , то підсумковий ТКЄ схеми визначається конденсатором C з ТКЄ α_{min} .

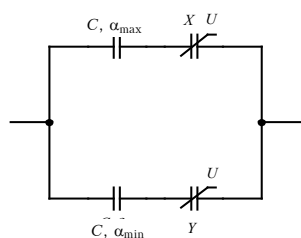


Рис. 4. Електрична схема ємності зі змінним ТКЄ

Схема ємності зі змінним ТКЄ (рис. 4) детально проаналізована, отримані основні розрахункові співвідношення.

Сумарна ємність C_{Σ} може змінюватись в межах

$$2C > C_{\Sigma} > C. \tag{1}$$

Для кожного значення ємності C_{Σ} існує порогова мінімальна ємність X_{min} , якій відповідає нескінченна ємність Y

$$X_{min} = \frac{C(C_{\Sigma} - C)}{2C - C_{\Sigma}}.$$

На рис. 5 показано залежність, за допомогою якої можна за заданою ємністю C_{Σ} визначитись з пороговою ємністю X_{\min} .

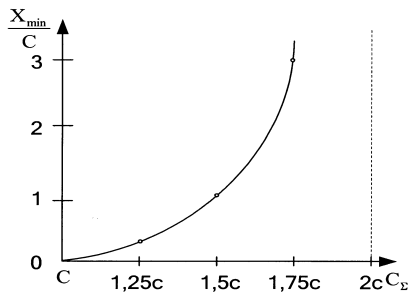


Рис. 5. Зв'язок між сумарною ємністю C_{Σ} і C_{\min} і C_{Σ} можна зробити за допомогою графіків (рис. 6). пороговою ємністю X_{\min}

В практичній схемі доцільно встановлювати однакові за властивостями змінні ємності

$$X(U) = C_{\min} \dots C_{\max}, \quad Y(U) = C_{\max} \dots C_{\min},$$

причому обов'язково слід виконати умову C_{\min} більше X_{\min} .

Коефіцієнт перекриття за ємністю K_C змінних ємностей X і Y визначається з виразу

$$K_C = \frac{C_{\Sigma} - C_{\min} \cdot C / (C_{\min} + C)}{C_{\min} - C_{\Sigma} C_{\min} / C + C_{\min}^2 / (C_{\min} + C)}.$$

Вибір коефіцієнта перекриття K_C за відомими ємностями

Задавши границі зміни ТКЄ схеми (рис. 4) $\alpha_{\Sigma \min}$, $\alpha_{\Sigma \max}$ за відомими ємностями C_{Σ} , C_{\min} , коефіцієнта перекриття за ємністю K_C знаходяться ТКЄ α_{\max} , α_{\min} конденсаторів C . Спрощенні формули для розрахунку у випадку, коли ТКЄ змінних ємностей X , Y дорівнюють нулю, мають такий вигляд:

$$\alpha_{\max} = \frac{CC_{\Sigma} (\alpha_{\Sigma \min} C_{\Sigma 1}^2 - C_{\Sigma 2}^2 \alpha_{\Sigma \max})}{C_{\Sigma 1}^4 - C_{\Sigma 2}^4};$$

$$\alpha_{\min} = \frac{CC_{\Sigma} (C_{\Sigma 1}^2 \alpha_{\Sigma \max} - C_{\Sigma 2}^2 \alpha_{\Sigma \min})}{C_{\Sigma 1}^4 - C_{\Sigma 2}^4};$$
(2)

$$\text{де } C_{\Sigma 1} = \frac{CC_{\min}}{C + C_{\min}}, \quad C_{\Sigma 2} = \frac{CC_{\max}}{C + C_{\max}}.$$

Пропонується така методика розрахунку елементів схеми ємності зі змінним ТКЄ. Спочатку, за

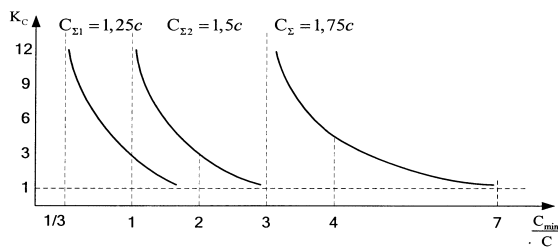


Рис. 6. Зв'язок між коефіцієнтом перекриття K_C і ємністю C_{\min} для різних сумарних ємностей C_{Σ}

відомою сумарною ємністю C_{Σ} , обирається ємність конденсатора C . Рекомендується обирати таку ємність:

$$C = \frac{C_{\Sigma}}{1,25 \dots 1,75}.$$

Далі за допомогою рис. 5 слід визначитись з мінімальною ємністю C_{\min} . Наступним кроком є уточнення з рис. 6 такого параметра змінних ємностей, як коефіцієнт перекриття K_C . Нарешті, за відомими границями зміни підсумкового ТКЄ $\alpha_{\Sigma \min}$,

$\alpha_{\Sigma \max}$ слід визначитись, наприклад, для нульового ТКЄ змінних конденсаторів X і Y по (2), з ТКЄ конденсаторів C .

Висновки

Розроблено методики визначення параметрів конденсаторів термокомпенсації діапазонного автогенератора на варикапі. За результатами роботи зроблені такі висновки.

1. Використання термокомпенсації в двох точках частотного діапазону суттєво зменшує температурну залежність частоти автогенератора на варикапі.

2. Визначення ТКЄ додаткових конденсаторів термокомпенсації за запропонованими формулами для різних варикапів дає відповідь про можливість їх використання в діапазонному автогенераторі із заданими параметрами частотної нестабільності.

3. Підбір ТКЄ додаткових конденсаторів термокомпенсації, які реалізовані за схемою ємності зі змінним ТКЄ, дозволяє значно підвищити температурну стабільність діапазонного автогенератора на варикапі.

Проведений аналіз дозволив запропонувати практичну схему УКХ автогенератора радіоприймача, в якому забезпечена довготривала температурна стабільність фіксованої настройки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Калихман С. Г., Левин Я. М. Радиоприёмники на полупроводниковых приборах. Теория и расчёт. — М.: Связь, 1979. — 352 с.
2. Куликов Г., Парамонов А. Микросхемы для построения радиоприёмных трактов аудиоаппаратуры // Электронные компоненты. — 2000. — № 1. — С. 51—54.
3. Малашевич Б. Новые ИС для аудиоаппаратуры // Электронные компоненты. — 2000. — № 2. — С. 50—54.
4. Справочник по радиоэлектронным устройствам: В 2 т. / Под ред. Д. П. Линде. — М.: Энергия, 1978. — Т. 1. — 440 с.
5. Кононов С. П., Купровський В. В., Федченко С. В. Покращення стабільності роботи приймача ефірного мовлення // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. Зб. пр. — Хмельницький: ТУП, 2002. — С. 157.
6. Каталог SC01 «Discrete Semiconductors» ф. Philips. — 2003.

Матеріали статті рекомендовані до опублікування оргкомітетом конференції «Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та приладобудування» (2—5. 07.05)

Надійшла до редакції 11.07.05
Рекомендована до друку 21.07.05

Кононов Сергій Павлович — доцент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення
Вінницький національний технічний університет