

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКВІВАЛЕНТНОЇ ДОБРОТНОСТІ ВАРИКАПІВ У ДЕКАМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ РАДІОХВИЛЬ

У коливальних контурах сучасних систем радіозв'язку як електрично керовані ємності використовуються варикапи. Принцип роботи варикапу оснований на використанні залежності ємності електричного переходу від напруги [1, 2]. Варикапи також використовуються в пристроях керування частотою коливального контуру, в параметричних схемах підсилення, ділення та множення частоти, в схемах частотної модуляції, керованих фазообертачах та ін.

Варикап можна замінити еквівалентною малосигнальною схемою, наведеною на рис. 1,а [1, 2]. На цій схемі введено такі позначення: індуктивності  $L_B$  – елементи виводів приладу (мають величину порядку декількох мікрогенрі); конденсатор  $C_K \leq 1,5$  пФ – враховує ємність корпусу; резистор  $r_s = r_E + r_B$  – моделює омичний опір бази з опором омичного контакту та опір емітерної області з аналогічним контактом; резистори  $r_{диф}$  та  $R_{II}$  – враховують диференціальний опір переходу та опір переходу при прикладеній до варикапу зворотній напрузі; конденсатор  $C_{II}$  ( $C_{бар}$ ) – еквівалент ємності переходу (бар'єрної ємності).

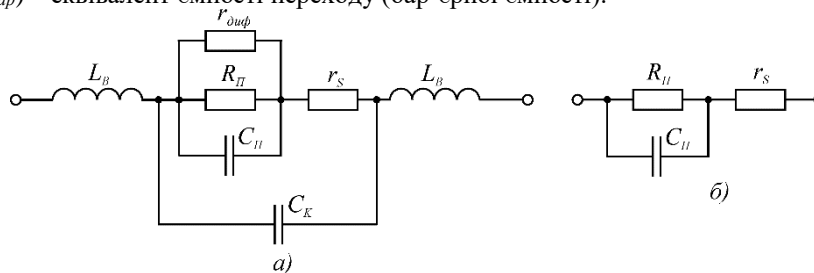


Рис. 1. Еквівалентні схеми варикапу [1, 2]:

а) повна малосигнальна; б) спрощена

На частотах до декількох десятків мегагерц деякими параметрами еквівалентної малосигнальної схеми ( $L_B$ ,  $C_K$ ,  $r_{диф}$ ) можна знехтувати та обмежитись спрощеною еквівалентною схемою (рис. 1,б). При цьому типове значення зворотного опору переходу  $R_{II} > 1$  МОм.

За спрощеною еквівалентною схемою варикапу його повний опір [1, 2]:

$$\begin{aligned} Z_B(j\omega) &= r_s + \frac{R_{II} \cdot \frac{1}{j\omega C_{II}}}{R_{II} + \frac{1}{j\omega C_{II}}} = \frac{R_{II} + r_s + \omega^2 C_{II}^2 R_{II}^2 r_s - j\omega C_{II} R_{II}^2}{1 + \omega^2 C_{II}^2 R_{II}^2} = \\ &= \frac{R_{II} + r_s + \omega^2 C_{II}^2 R_{II}^2 r_s}{1 + \omega^2 C_{II}^2 R_{II}^2} - j \frac{\omega C_{II} R_{II}^2}{1 + \omega^2 C_{II}^2 R_{II}^2} = \\ &= \operatorname{Re}_B(\omega) - j \operatorname{Im}_B(\omega) = R_B(\omega) - j X_B(\omega). \end{aligned}$$

З останнього співвідношення визначено добротність варикапу [2]:

$$Q_B(\omega) = \frac{\operatorname{Im}_B(\omega)}{\operatorname{Re}_B(\omega)} = \frac{X_B(\omega)}{R_B(\omega)} = \frac{\omega C_{II} R_{II}^2}{R_{II} + r_s + \omega^2 C_{II}^2 R_{II}^2 r_s}. \quad (1)$$

Якщо врахувати, що  $R_{II} \gg r_s$ , то співвідношення (1) можна переписати таким чином [2]

$$Q_B(\omega) = \frac{\omega C_{II} R_{II}}{1 + \omega^2 C_{II}^2 R_{II} r_s}. \quad (2)$$

З аналізу співвідношення (2) випливає, що послідовний опір  $r_s$  визначає добротність варикапу на високих частотах. Для збільшення добротності варикапу необхідно зменшувати опір бази, що відбувається при введенні до структури варикапу  $n^+$ -області, а також зменшувати опір омичного контакту при збільшенні концентрації домішків в  $n^+$ -області бази та підборі металу омичних контактів [1, 2].

### Список використаних джерел

1. Рудик А.В., Возняк О.М., Барановський І.В. Амплітудно – фазовий метод вимірювання параметрів високочастотних резонансних контурів. *Наукові праці Кременчуцького державного політехнічного університету*. Випуск 2/2001 (11). Кременчук. 2001. С.137–143.
2. Рудик А.В., Павлов С.М. До визначення основних параметрів варикапів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2002. №3. С. 68–73.