

ДО ПИТАННЯ ПРО СТВОРЕННЯ ЧМ-ГЕНЕРАТОРІВ З ВИСОКОЛІНІЙНОЮ МОДУЛЯЦІЙНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ

За останній час виявляється значний інтерес до вживання релаксаторів з наступним виділенням із спектра релаксаційних імпульсів напруги основної частоти як генераторів з керованою частотою. Проте описані в літературі [1, 2] схеми не забезпечують потрібного ступеня лінійності модуляційної характеристики.

Ця робота присвячена вивченню деяких питань, зв'язаних з одержанням високолінійної модуляційної характеристики фантастронного ЧМ-генератора.

В схемі фантастронного генератора (рис. 1) коло позитивного зворотного зв'язку практично не впливає на процеси в схемі прямого ходу T_1 (рис. 2). Для цього інтервалу часу дійсна еквівалентна схема фантастрона, подана на рис. 3.

Час прямого ходу T_1 при $k \gg 1$ визначається виразом

$$T_1 = -\tau_0 \left[\ln \left(1 - \frac{u_{Cк}}{ku_k} \right) - \ln \left(1 - \frac{u_{Cп}}{ku_k} \right) \right], \quad (1)$$

де $\tau_0 = kRC$;

$u_{Cп}$, $u_{Cк}$ — напруга на конденсаторі C на початку та в кінці прямого ходу відповідно.

У випадку, коли потрібно визначити нелінійність модуляційної характеристики ЧМ-генератора порядку 0,1—0,5% в розкладі логарифмічних членів виразу (7) при $k > 10^3$, можна обмежитися першими членами ряду.

Тоді

$$T_1 = \frac{RC(u_{Cк} - u_{Cп})}{u_k}. \quad (2)$$

У схемі фантастронного генератора в широкому діапазоні генерованих частот $u_{Cп} = \text{const}$, $u_{Cк} = \text{const}$. Тому при $T_2 \rightarrow 0$ $T = T_1$ та

$$f = \frac{1}{T} = \frac{u_k}{RC(u_{Cк} - u_{Cп})}. \quad (3)$$

Розглянемо вплив часу зворотного ходу T_2 на лінійність модуляційної характеристики. Оцінку лінійності модуляційної характеристики будемо робити по критерію

$$\varepsilon = \frac{f_p - f}{f_{p2} - f_{p1}}, \quad (4)$$

де f_p — значення частоти ЧМ-генератора при деякому значенні керуючої напруги при умові, що $\varepsilon = 0$ (рис. 4, лінія 1);

f — фактично генерована частота при тому ж значенні керуючої напруги (рис. 4, лінія 2);

f_{p1}, f_{p2} — крайні значення діапазону генерованих частот при $\varepsilon = 0$.

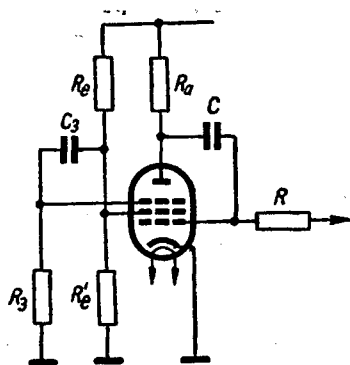


Рис. 1.

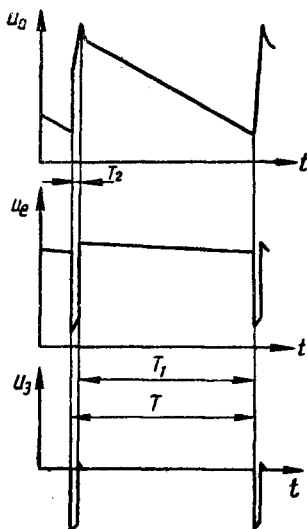


Рис. 2.

Внаслідок того, що

$$T_{1\max} = \xi T_{1\min}; \quad (5)$$

$$T_{p1} = \xi T_{p2}, \quad (6)$$

вираз (4) набере вигляду

$$\varepsilon = \frac{\frac{1}{T_p} - \frac{1}{T_1 + T_2}}{\frac{1}{T_{p2}} - \frac{1}{\xi T_{p2}}}. \quad (7)$$

Час зворотного ходу постійний у розглядуваному діапазоні генерованих частот, оскільки параметри кола заряду залишаються незмінними.

Визначимо характер залежності ε від T_1 при $T_2 = \text{const}$.

Внаслідок (3) T_1 обернено пропорційне керуючій напрузі u_k . У такій же залежності перебуває T_p від u_k . Отже, можна прийняти

$$T_p = \eta T_1, \quad (8)$$

де η — коефіцієнт пропорційності.

Враховуючи (8), перепишемо вираз (7)

$$\varepsilon = \frac{T_2 + T_1(1 - \eta) \xi T_{1\min}}{T_1(T_2 + T_1)(\xi - 1)}. \quad (9)$$

Позначимо

$$\left. \begin{aligned} (1 - \eta) \xi T_{1\min} &= \alpha; \\ (\xi - 1) &= \beta. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

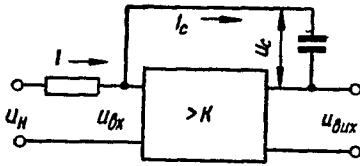


Рис. 3.

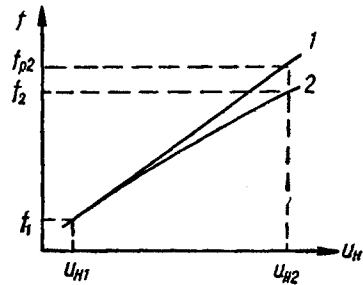


Рис. 4.

Тоді

$$\varepsilon = \frac{T_2 + T_1 \alpha}{T_1(T_2 + T_1) \beta}. \quad (11)$$

При $T_2 \ll T_1$

$$\varepsilon = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \frac{1}{T_1}. \quad (12)$$

З (12) випливає, що

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \text{ при } T_1 = T_{1\min}.$$

Таким чином, вираз (7) можна записати у вигляді

$$\varepsilon_{\max} = \frac{\frac{1}{T_{p2}} - \frac{1}{T_2 + T_{1\min}}}{\frac{1}{T_{p2}} - \frac{1}{\xi T_{p2}}}. \quad (13)$$

Беручи до уваги співвідношення (5), (6), можна записати

$$T_{1\min} = T_{p2} - \frac{T_2}{\xi}. \quad (14)$$

Після підстановки (14) в (15) маємо

$$\varepsilon_{\max} = \frac{T_2(\xi - 1)}{T_{p1} + T_2(\xi - 1)^2} \quad (15)$$

Таким чином, нелінійність зміни частоти залежить у першу чергу від зворотного ходу T_2 . Крім того, при постійному T_2 нелінійність зростає із зростанням середньої частоти та її девіації.

Якщо задана максимально допустима нелінійність модуляційної характеристики та граничні частоти діапазону ЧМ-коливань, зворотний хід не повинен перевищувати значення

$$T_{2\max} < \frac{\varepsilon_{\max} T_{p1}}{(\xi - 1) [1 - \varepsilon_{\max} (\xi - 1)]} \quad (16)$$

Основною перешкодою одержання високолінійної модуляційної характеристики фантастронного генератора (рис. 1) є:

1) час прямого ходу T_1 , який незначно відрізняється від часу зворотного ходу T_2 , оскільки постійна часу кола розряду часозадаючого конденсатора C приблизно дорівнює постійній часу кола заряду. Через те не виконується умова $T_2 \ll T_1$;

2) напруга на екранній сітці розрядної лампи (рис. 2) не залишається постійною під час прямого ходу, а безперервно зменшується. Це приводить до зменшення крутості анодно-сіткової характеристики лампи, викликаючи зниження коефіцієнта підсилення схеми.

Автори досліджували схему генератора ЧМ-коливань, наведену на рис. 5. У цій схемі катодний повторювач $\Pi 2$ дозволяє значно скоротити час зворотного ходу, тому що конденсатор $C2$ заряджається через низький вихідний опір катодного повторювача.

При конструюванні необхідно стежити за тим, щоб величина паразитних ємностей зводилась до мінімуму, оскільки при малих значеннях T_2 навіть невелика величина паразитної ємності між анодом лампи $\Pi 1$ та землею може чинити істотний вплив на величину нелінійності модуляційної характеристики. Вживання катодного повторювача з малою вхідною ємністю сприяє здійсненню цієї вимоги.

У схемі використана компенсація зміни напруги на екранній сітці фантастрона. Опір R_5 у колі анода дозволяє компенсувати зменшення напруги на екранній сітці лампи $\Pi 1$ під час прямого ходу за рахунок одночасного підвищення напруги на аноді лампи $\Pi 2$.

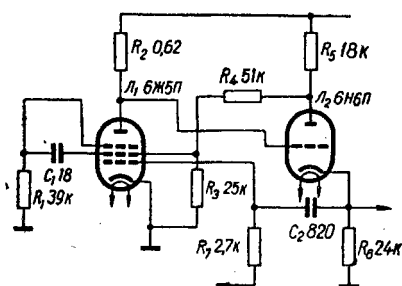


Рис. 5.

Макет схеми (рис. 5) випробовувався у діапазоні частот 3500—4500 *гц*. При цьому керуюча напруга u_k змінювалась у межах 190—240 *в*.

Час зворотного ходу не перевищував 2 *мксек*. Згідно з виразом (15) це відповідає максимальній нелінійності

$$\epsilon_{\max} \approx \pm 0,1\%$$

Модуляційні характеристики ЧМ-генератора обчислювали усередненням статистичного ряду дослідних залежностей генерованої частоти від керуючої напруги. Керуючу напругу вимірювали потенціометром постійного струму типу ППТБ-1 з точністю $\pm 0,001\%$.

Генеровану частоту вимірювали цифровим частотоміром типу ЧЗ-3 з абсолютною похибкою $\pm 0,1$ *гц*.

Експерименти показали добрий збіг з розрахунковими даними. Нелінійність модуляційної характеристики не перевищувала $\pm 0,1\%$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Криксунов В. Г. Об одной возможности генерирования синусоидальных ЧМ-колебаний.— «Радиотехника», т. 16, 1961, № 7.

2. Томашпольский А. М. Некоторые вопросы применения катодных повторений в схеме фантастрона.— «Радиотехника», т. 16, 1961, № 7.

Л. Н. КОВАЛЕНКО, В. М. МИРОНОВ, Н. А. МИРОНОВ

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ЧМ-ГЕНЕРАТОРОВ С ВЫСОКОЛИНЕЙНОЙ МОДУЛЯЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Краткое содержание

Рассматриваются вопросы создания ЧМ-генераторов с высоколинейной модуляционной характеристикой на основе фантастронного генератора.

L. N. KOVALENKO, V. M. MIRONOV, N. A. MIRONOV

ABOUT THE PROBLEM TO CREATE FM-GENERATOR WITH THE HIGH RATE OF THE LINEARITY OF THE MODULATION CHARACTERISTIC

Summary

The fantastron FM-generator with the high rate of the linearity of the modulation characteristic is described.