

Н.И. Твердоступ

## ОБ УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ГИРАТОРА НА КОНВЕРТОРАХ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

*Аннотация.* Для гиратора на конверторах отрицательного сопротивления определены условия согласования параметров элементов, обеспечивающих устойчивое инвертирование импеданса нагрузки.

*Ключевые слова:* гиратор, конвертор, импеданс, согласование параметров, инвертирование, нагрузка, входное сопротивление.

**Вступление.** Гиратором является всякий четырехполюсник, у которого импеданс на одной паре зажимов обратен импедансу, подключенному к другой паре зажимов [1]. В «классической» схеме гиратора на двух конверторах отрицательного сопротивления устойчивое инвертирование импеданса возможно только при тщательном согласовании параметров составляющих элементов [2, 3].

**Постановка задачи.** Целью настоящей работы является определение конкретных условий согласования параметров элементов гиратора для обеспечения эффективного преобразования характера импеданса.

**Основная часть.** Гиратор (см. рис.1) содержит два конвертора отрицательного сопротивления на элементах  $DA1$ ,  $R'_2$ ,  $R'_3$ ,  $R'_4$  и  $DA2$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_4$  а также резистор связи  $R'_1$ . Гиратор обладает свойством взаимности [2], поэтому импеданс нагрузки  $\dot{z}_n$  можно подключать к любой паре зажимов  $\dot{z}_{ex1}$  или  $\dot{z}_{ex2}$ . Рассмотрим, каким будет импеданс пары зажимов при подключении нагрузки к другой паре.

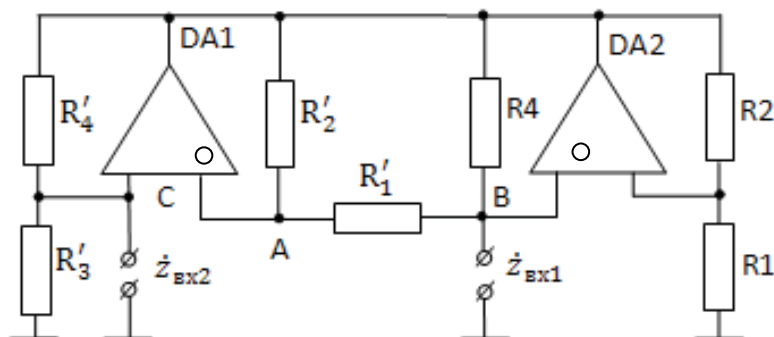


Рисунок 1 – Схема гиратора на конверторах отрицательного сопротивления

Подключим  $\dot{z}_H$  к зажимам  $\dot{z}_{ex2}$ . Тогда входные импедансы конверторов будут иметь вид:

в точке А

$$\dot{z}_A = -\frac{\dot{z}_H R_2' R_3'}{R_4' (R_3' + \dot{z}_H)}, \quad (1)$$

в точке В

$$R_B = -\frac{R_1 R_4}{R_2} \quad (2)$$

а входное сопротивление гиратора со стороны зажимов

$$\dot{z}_{ex1} = \frac{R_B (\dot{z}_A + R_1')}{R_B + \dot{z}_A + R_1'} \quad (3)$$

Выражение (3) с учетом (1) и (2) можно представить как

$$\dot{z}_{ex1} = \frac{R_B [\dot{z}_H (R_1' R_4' - R_2' R_3') + R_1' R_3' R_4']}{R_B' R_3' R_4' + R_B' \dot{z}_H R_4' + R_1' R_3' R_4' + \dot{z}_H (R_1' R_4' - R_2' R_3')} \quad (4)$$

Это выражение при выполнении условия

$$R_1' R_4' = R_2' R_3' \quad (5)$$

и с учетом (2) преобразуется к виду

$$\dot{z}_{ex1} = \frac{R_1 R_4 R_1' R_3' R_4'}{R_3' R_4' (R_1 R_4 - R_1' R_2) + R_4' R_1 R_4 \dot{z}_H} \quad (6)$$

Если выполняется условие

$$R_1 R_4 = R_1' R_2, \quad (7)$$

то выражение (6) принимает окончательный вид уравнения гиратора, изменяющего характер импеданса нагрузки  $\dot{z}_H$ .

$$\dot{z}_{ex1} = \frac{R_1' R_3'}{\dot{z}_H} \quad (8)$$

Действительно, если в качестве  $\dot{z}_H$  используется, например, индуктивность  $L_H$ , то

$$\dot{z}_{ex1} = \frac{R_1' R_3'}{j\omega L_H} = \frac{1}{j\omega C_{ex1}},$$

отсюда  $C_{ex1} = L_H / R_1' R_3'$ , что показывает емкостной характер импеданса на зажимах  $\dot{z}_{ex1}$ , обратный импедансу на зажимах  $\dot{z}_{ex2}$ .

Следует отметить, что уравнение гиратора (8) справедливо только при одновременном выполнении условий (5) и (7).

Рассмотрим входной импеданс гиратора на зажимах  $\dot{z}_{ex2}$  при подключении нагрузки  $\dot{z}_n$  к зажимам  $\dot{z}_{ex1}$ . В этом случае входной импеданс конвертора DA2 в точке В с учетом параллельно подключенной нагрузки  $\dot{z}_n$  равен [4]

$$\dot{z}_B = - \frac{R_1 R_4 \dot{z}_n}{R_2 \left( \dot{z}_n - \frac{R_1 R_4}{R_2} \right)},$$

в точке А импеданс равен

$$\dot{z}_A = R'_1 - \frac{R_1 R_4 \dot{z}_n}{R_2 \dot{z}_n - R_1 R_4}.$$

Конвертор на DA1 преобразует  $\dot{z}_A$  в импеданс, который в точке С имеет вид

$$\dot{z}_C = - \frac{R'_4}{R'_2} \left( R'_1 - \frac{R_1 R_4 \dot{z}_n}{R_2 \dot{z}_n - R_1 R_4} \right).$$

Так как  $R'_3$  подключен параллельно  $\dot{z}_C$ , то входная проводимость гиратора имеет вид

$$\frac{1}{\dot{z}_{ex2}} = \frac{R'_2 (R_2 \dot{z}_n - R_1 R_4)}{R'_4 [\dot{z}_n (R_1 R_4 - R'_1 R_2) + R_1 R_4 R'_1]} + \frac{1}{R'_3}. \quad (9)$$

Из выражения (9) следует, что при одновременном выполнении условий (5) и (7) входной импеданс гиратора со стороны зажимов  $\dot{z}_{ex2}$  равен

$$\dot{z}_{ex2} = \frac{R'_1 R'_3}{\dot{z}_n}, \quad (10)$$

и полностью совпадает с (8). Это подтверждает симметричность гиратора, возможность равноценного подключения нагрузки к любой паре зажимов.

Основным фактором, определяющим качество инвертирования импеданса нагрузки, является выполнение условий (5) и (7), сводящееся к точности выбора сопротивлений указанных резисторов. При нарушении этих условий в гираторе возможно также возникновение паразитных колебаний из-за самовозбуждения, ибо, как следует из (4), (6) и (9), в составе входного импеданса при этом одновременно

появляются отрицательная активная, индуктивная и емкостная составляющие.

**Вывод.** Проведенный анализ гиратора на конверторах отрицательного сопротивления позволил получить условия согласования параметров составляющих элементов в виде аналитических выражений. Расчет по предложенным выражениям обеспечивает устойчивое инвертирование импеданса нагрузки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Седов К.И. Введение в синтез активных цепей. – Л.: Энергия, 1973. – 152 с.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: в 2 т.: пер с нем. – Т.2. – М.: Додэка - XXI, 2008. – 942 с.
3. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. – М.: Додэка - XXI, 2005. – 528 с.
4. Твердоступ Н.И. О функционально полном наборе входных импедансов комбинированной операционной схемы // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 6(64). – Днепропетровск, 2005. – с.47 – 53.

Получено 23.01.2011г.