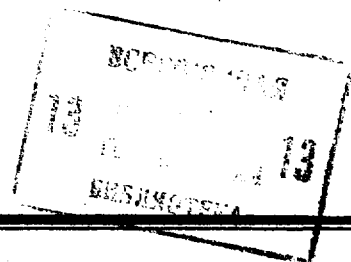




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 37235.15/24-24
- (22) 04.04.84
- (46) 15.10.85. Бюл. № 38
- (72) В.А.Кешишьян
- (71) Минский радиотехнический институт
- (53) 681.3(088.8)
- (56) Марше Ж. Операционные усилители и их применение. "Энергия", 1974. Патент ГДР № 132829, кл. Н 03 Н 11/46, опублик. 1976.

(54) (57) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТНО-ЗАВИСИМОГО ДВУХПОЛЮСНИКА, содержащее подключенные к входным выводам управляемый преобразователь напряжение-ток и интегратор, отличающееся тем, что, с целью повышения добротности и устойчивости устройства, оно содержит дешифратор, счетчик импульсов, генератор тактовых импульсов, элемент И, времяимпульсный блок деления, два блока выделения модуля и два блока формирования соответственно положительного и отрицательного знаков, каждый из которых содержит триггер, первый и второй элементы И и элемент ИЛИ, управляемый преобразователь напряжение-ток содержит конвертор отрицательного сопротивления, первый и второй ключи, n эталонных резисторов и группу из n ключей, подсоединенных информационными выводами параллельно соответствующим эталонным резисторам, которые включены последовательно, свободный вывод первого эталонного резистора подключен через последовательно включенные первый ключ и конвертор отрицатель-

ного сопротивления и через второй ключ к одному из выходных выводов преобразователя, свободный вывод n -го эталонного резистора соединен с другим входным выводом преобразователя и с шиной нулевого потенциала, управляющие входы первого и второго ключей подключены к выходам элементов ИЛИ соответственно блоков формирования отрицательного и положительного знаков, входы элемента ИЛИ в каждом из этих блоков подсоединены к выходам соответственно первого и второго элементов И, одни из входов которых соединены с выходами триггера формирования соответствующего знака, а другие - с выходами триггера блока формирования противоположного знака, управляющие входы n ключей группы управляемого преобразователя напряжение-ток подключены к соответствующим выходам дешифратора, подсоединенного входами к соответствующим выходам счетчика импульсов, информационный вход которого подключен к выходу элемента И, один из входов элемента И соединен с выходом генератора тактовых импульсов, а его другой вход подключен к входу сброса счетчика импульсов и к выходу времяимпульсного блока деления, входы которого подсоединены к выходам соответствующих блоков выделения модуля, вход одного из блоков выделения модуля соединен с входом интегратора и с входом триггера блока формирования положительного знака, а вход другого - с выходом интегратора и с входом триггера блока формирования отрицательного знака.

Изобретение относится к вычислительной технике и электротехнике и может найти применение в различных устройствах автоматики и радиотехники в качестве индуктивного или емкостного элемента различных резонансных контуров и электрических фильтров.

Цель изобретения - повышение добротности и устойчивости устройства.

На чертеже приведена схема устройства для моделирования частотно-зависимого двухполюсника.

Устройство для моделирования частотно-зависимого двухполюсника содержит цепочку эталонных резисторов 1-1, 1-2, ..., 1-n и группу ключей 2-1, 2-2, ..., 2-n, конвертор отрицательного сопротивления 3, первый и второй ключи 4 и 5, дешифратор 6, счетчик импульсов 7, генератор тактовых импульсов 8, элемент И 9, времяимпульсный блок деления 10, блоки выделения модуля 11 и 12 соответственно. Кроме того, устройство содержит интегратор 13, блоки формирования положительного и отрицательного знаков 14 и 15 соответственно, содержащие триггеры 16, элементы И 17₁ и 17₂ и элементы ИЛИ 18. Входное напряжение подается к первому входному выводу устройства 19 и второму входному выводу 20, который подключен к шине нулевого потенциала. Совокупность элементов и блоков 1₁ - 1_n, 2₁ - 2_n, 3, 4 и 5 образует управляемый преобразователь напряжение-ток.

Устройство работает следующим образом.

Пусть входной сигнал, поступающий на выводы 19 и 20, представляет собой синусоидальное напряжение $U(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi)$, которое с одной стороны поступает на вход интегратора 13, выполненного, например, на операционном усилителе, и с другой стороны поступает на первый блок 11 выделения модуля напряжения, а выходное напряжение с интегратора 13 поступает на второй блок 12 выделения модуля напряжения. Если на вход блока 11 приходит положительная полуволна напряжения, то она окажется и на выходе этой ячейки, если же приходит отрицательная полуволна напряжения, то все равно на выходе

блока 11 будет положительная полуволна напряжения. В результате этого на выходе блока 11 будут только положительные полуволны напряжений, которые обозначим как U_{11} . Аналогично работает и блок 12, т.е. если с выхода интегратора 13 напряжение имеет положительную полуволну, то оно инвертируется и на выходе будет отрицательное напряжение. Если сигнал с выхода интегратора 13 имеет отрицательную полуволну напряжения, то оно проходит без инвертирования на выход блока 12. Следовательно, на выходе блока 12 всегда будут только отрицательные полуволны напряжений, которые обозначим как U_{12} .

Таким образом, на выходе блока 11 всегда будет модуль входного напряжения:

$$|U_{Bx}| = U_{11} = |U_m \sin(\omega t + \varphi)|,$$

а на выходе блока 12 - модуль выражения интеграла от входного напряжения с учетом знака, т.е.

$$U_{12} = - \left| \frac{U_m}{\omega} \cos(\omega t + \varphi) \right| = |U_{13}|.$$

Напряжения $U_{11} = |U_{Bx}| = |U_m \sin(\omega t + \varphi)|$, $U_{12} = -|U_{13}| = - \left| \frac{U_m}{\omega} \cos(\omega t + \varphi) \right|$ поступают на соот-

ветствующие входы времяимпульсного блока деления 10. На выходе времяимпульсного блока деления 10 присутствуют широтно-модулируемые импульсы, длительность которых пропорциональна отношению U_{11}/U_{12} , т.е. каждому дискретному во времени отношению U_{11i}/U_{12i} соответствует определенная длительность импульса на входе блока 10. Далее широтно-модулируемые импульсы с выхода блока 10 поступают на первый вход элемента И 9, на второй вход которого поступают короткие импульсы с генератора 8, которые заполняют широтно-модулированные импульсы с выхода блока 10. В результате этого на выходе элемента И 9 всегда существуют пачки импульсов разного количества, поступающие на вход счетчика 7 импульсов, который подсчитывает их, начиная с момента

появления переднего фронта прямоугольного импульса с выхода блока 10 и кончая по его заднему фронту. Очевидно, что в момент окончания подсчета импульсов (в момент появления заднего фронта прямоугольного импульса) счетчик 7 должен передать информацию в дешифратор 6 и в то же время перейти в исходное состояние (т.е. обнулиться). Таким образом, чтобы счетчик импульсов 7 перешел в исходное состояние, необходимо выход блока 10 подключить на вход сброса (вход R обнуления счетчика импульсов 7). Подсчитав количество импульсов, счетчик 7 ставит в соответствии с длительностью i -го широтно-модулированного импульса i -й двоичный код. Выходы счетчика 7 соединены с входом дешифратора 6, вход которого в соответствии с i -м двоичным кодом счетчика управляет работой соответствующих ключей 2-1, 2-2, ..., 2- n , включая тем самым i -е эталонные резисторы из цепи эталонных резисторов (1-1, 1-2, ..., 1- n). Следовательно, каждому i -му двоичному коду соответствует определенный i -й резистор, эталонное значение которого подобрано в соответствии с выражением

$$R_i = \frac{U_{12}(i)}{U_{13}(i)} = \frac{U_{вх}(i)}{U_{13}(i)}$$

Для установки требуемого реального знака отношения $U_{вх}/U_{13}$ в i -й момент времени, что позволяет устанавливать требуемый знак i -му эталонному резистору 1- i , в устройство для моделирования частотно-зависимого двухполюсника введены два блока формирования положительных и отрицательных знаков.

Принцип действия блоков формирования отрицательного и положительного знаков основан на том, что при высоких уровнях напряжений на первых (левых на чертеже) выходах триггеров 16, принадлежащих соответственно блокам формирования положительного и отрицательного знаков, включается элемент И 17₁ в блоке 15, все остальные элементы И обоих блоков закрыты. Включение элемента И 17₁ приводит к тому, что на выходе элемента ИЛИ 18 того же блока появляется сигнал, который существует в интервале времени $0-t_1$, в котором отношение $U_{вх}/U_{13}$ имеет отрицательный знак,

поэтому сигнал с выхода элемента ИЛИ 18 поступает на управление первого ключа 4. Следовательно, в интервале $0-t_1$ ключ 4 включен. При этом включается в цепь конвертор 3 отрицательного сопротивления и цепочка эталонных резисторов 1-1, ..., 1- n оказывается включенной в цепи нагрузки конвертора 3 отрицательного сопротивления. В результате этого в указанном интервале времени формируются отрицательные значения эталонных резисторов. В интервале времени t_1-t_2 отношение $U_{вх}/U_{13}$ положительно. Высокие уровни с соответствующих выходов триггеров 16 включают элемент И 17₂ в блоке 14, в результате чего на выходе элемента ИЛИ 18 того же блока появляется сигнал, который включает ключ 5 (при этом ключ 4 выключается). В интервале времени t_1-t_2 эталонные резисторы 1-1, 1-2, ..., 1- n подключены непосредственно к выводам 19 и 20 и имеют присущие им положительные значения. Далее процесс повторяется, т.е. в интервале времени, когда напряжения $U_{вх}$ и U_{13} положительные (или оба отрицательные) появляется сигнал на выходе элемента ИЛИ 18 блока 14 формирования положительного знака, который включает ключ 5. В интервале времени, когда либо напряжение $U_{вх}$, либо U_{13} принимает отрицательное значение, появляется сигнал на выходе элемента ИЛИ 18 блока 15 формирования отрицательного знака, который включает ключ 4.

Таким образом, как указывалось выше, номиналы эталонных резисторов изменяются дискретно, с установкой соответствующего знака, определяемого отношением $U_{вх}/U_{13}$. Подключение эталонных резисторов 1-1, ..., 1- n ко входу устройства (выводы 19 и 20) приводит к тому, что в этой ветви между выводами 19 и 20 формируется ток, изменяющийся по закону, определяемому законом изменения номиналов эталонных резисторов R_i во времени.

В рассматриваемом случае ток определяется следующим образом.

1. Если в качестве блока 13 используется схема интегратора, то

$$i = \frac{U_{вх}}{R_i} = -K_1 \frac{U_m}{\omega} \cos(\omega t + \varphi),$$

где K_1 - коэффициент (постоянная времени интегратора).

2. Если в качестве блока 13 используется схема дифференциатора, то:

$$i = \frac{U_{вх}}{R_i} = K_2 \omega U_m \cos(\omega t + \varphi),$$

где K_2 - коэффициент (постоянная времени дифференциатора).

Сравнивая полученные выражения для тока в цепи двухполосника с входным напряжением, видно, что в первом случае ток будет отставать от приложенного напряжения на угол $\pi/2$ и, следовательно, устройство будет моделировать свойства индуктивного элемента. Во втором случае ток будет опережать приложенное напряжение на угол $\pi/2$. В этом случае устройство будет моделировать свойства емкостного элемента. Следовательно, эталонные резисторы 1-1, ..., 1-n, подключаемые к входным выводам 19 и 20 и принимающие как отрицательные, так и положительные значения, в зависимости от отношения $I_{вх}/I_{13}$, определяют частотно-зависимый двухполосник. Рассматривая вопросы устойчивости и стабильности в работе, необходимо отметить, что

когда эталонные резисторы 1-1, ..., 1-n принимают положительные значения, то вопроса о чувствительности и устойчивости устройства вообще не возникает, а когда эталонные резисторы принимают отрицательные значения, необходимо лишь удовлетворить условию, чтобы сопротивление эталонного i -го резистора 1- i , которое является ручным резистором конвертора отрицательного сопротивления 3, было больше внутреннего сопротивления источника входного напряжения, что не представляет особого труда в реализации. Таким образом, в устройстве ток в ветви между выводами 19 и 20 искусственно задается дискретным изменением номиналов эталонных резисторов 1-1, ..., 1-n, изменяющихся по закону, определяемому отношением входного напряжения, например, к проинтегрированному входному напряжению, и практически строго отстает от приложенного напряжения на угол $\pi/2$. Это приводит к возможности получения высокой добротности практически на любых частотах и, что самое важное, на низких частотах.

