

Изобретение относится к области акустооптики и ультразвуковой техники и может быть использовано при разработке широкополосных устройств, в которых пьезопреобразователь имеет малое входное сопротивление.

Наиболее близким техническим решением является электроакустическое устройство, содержащее пьезопреобразователь и лестничную полосовую согласующую цепь 3-го порядка из емкостных и индуктивных элементов, первым (со стороны пьезопреобразователя) элементом которой является последовательная индуктивность (или последовательная емкость - фиг.1, что не меняет принципиальной схемы устройства). В таком устройстве оказывается возможным синтезировать оптимальную полосовую согласующую цепь, обеспечив, таким образом, ее максимальную широкополосность.

Недостатком его является то, что при малой величине (единицы Ом) входного сопротивления пьезопреобразователя входное сопротивление согласующей цепи также будет малым. Это заставляет использовать дополнительные трансформирующие устройства для того, чтобы обеспечить возможность работы устройства со стандартными (например, 50-омными) источниками радиосигнала.

В основу изобретения положена задача создания такого электроакустического устройства, в котором новое схемное решение оптимальной согласующей цепи позволило бы увеличить ее входное сопротивление по сравнению с входным сопротивлением согласуемого пьезопреобразователя и за счет этого обеспечить возможность ее работы непосредственно со стандартным источником радиосигнала, а также упростить конструкцию устройства и повысить его КПД.

Поставленная задача решается тем, что в электроакустическое устройство, содержащее пьезопреобразователь и лестничную полосовую согласующую цепь 3-го порядка; из емкостных и индуктивных элементов, согласно изобретению, дополнительно введен генератор сигнала с выходным сопротивлением R_r , подключенный ко входу согласующей цепи, первая со стороны пьезопреобразователя ветвь лестничной согласующей цепи, выполненная в виде емкостного элемента C_1 , включена последовательно с пьезопреобразователем, вторая, параллельная ветвь, выполнена в виде индуктивного элемента L_2 , третья, последовательная ветвь - в виде индуктивного элемента L_3 , четвертая, параллельная ветвь - в виде емкостного элемента C_4 , причем величины элементов согласующей цепи определяются параметрами пьезопреобразователя и генератора сигнала и находятся по следующим формулам:

$$\begin{aligned} C_1 &= (2\pi f_p)^{-1} [g_2(\delta) Q \delta \operatorname{Re} Z(f_p) + \\ &+ \operatorname{Im} Z(f_p)]^{-1}; \\ L_2 &= \operatorname{Re} Z(f_p) g_3(\delta) Q \delta 2\pi f_p \omega^{-1}; \\ L_3 &= g_2(\delta) Q \delta \operatorname{Re} Z(f_p) (2\pi f_p \omega)^{-1}; \\ C_4 &= g_3(\delta) Q \delta \omega^2 [2\pi f_p \operatorname{Re} Z(f_p)]^{-1}. \quad (1) \end{aligned}$$

где $\operatorname{Re} Z(f_p)$ и $\operatorname{Im} Z(f_p)$ - действительная и мнимая части входного сопротивления пьезопреобразователя на частоте f_p ;

f_p - частота, на которой действительная часть входного сопротивления пьезопреобразователя максимальна;

$g_2(\delta)$, $g_3(\delta)$ и $g_4(\delta)$ - нормированные значения элементов низкочастотного прототипа полосовой согласующей цепи 3-го порядка с декрементом одноэлементной нагрузки δ ;

ω - вспомогательный коэффициент;

Q - эквивалент механической добротности пьезопреобразователя.

Сопоставительный анализ с прототипом показывает, что заявляемое устройство отличается наличием нового узла (генератора сигнала), связями элементов схемы между собой (новое схемное решение) и новой взаимосвязью между их величинами (значения элементов согласующей цепи определяются параметрами пьезопреобразователя и генератора сигнала).

Таким образом, заявляемое устройство соответствует критерию "новизна".

Использование Г-образного соединения индуктивностей (1 и 2 на фиг.1) для трансформации сопротивлений посредством преобразования Нортон широко известно [Р.Зааль. Справочник по расчету фильтров. - М.: Радио и связь, 1983, стр.16]. Однако осуществить такое преобразование в прототипе нельзя, поскольку значения элементов 1 и 2 согласующей цепи определяются параметрами пьезопреобразователя и желаемой полосой согласования. В то же время, введение генератора сигнала, подключенного ко входу согласующей цепи, позволяет выявить ее новое свойство - способность изменять уровень согласуемого сопротивления (т.е. пьезопреобразователя), а также установить необходимую взаимосвязь между значениями элементов преобразованной схемы. Это, в совокупности с новым схемным решением согласующей цепи, позволяет сохранить все частотные свойства оптимальной согласующей цепи и одновременно получить новый технический результат - увеличение ее входного сопротивления.

Таким образом, заявляемое решение соответствует критерию "изобретательский уровень".

На фиг.1 приведена принципиальная схема устройства-прототипа, на фиг.2 - принципиальная схема заявляемого устройства.

Электроакустическое устройство (фиг.2) содержит пьезопреобразователь 3, лестничную полосовую согласующую цепь 4 и генератор сигнала 5 с выходным сопротивлением R_r . Первая со стороны пьезопреобразователя ветвь лестничной согласующей цепи, выполненная в виде емкостного элемента 6 (C_1), включена последовательно с пьезопреобразователем, вторая, параллельная ветвь, выполнена в виде индуктивного элемента 7 (L_2), третья, последовательная ветвь - в виде индуктивного элемента 8 (L_3), четвертая, параллельная ветвь - в виде емкостного элемента 9 (C_4). Генератор сигнала 5 подключен ко входу согласующей цепи 4.

Такая конфигурация схемы согласующей цепи 4 получена соответствующим изменением схемы в прототипе посредством преобразования Нортон и последующим исключением идеального трансформатора [Р.Зааль. Справочник по расчету фильтров. - М.: Радио и связь, 1983, - табл. 1.8]. В заявляемом устройстве

это можно сделать, установив связь между параметрами генератора сигнала, пьезопреобразователя и значениями элементов согласующей цепи, что достигается следующим образом.

1) Выбирается вид синтезируемой характеристики согласующей цепи (чебышевская с минимальным уровнем КСВ, чебышевская с минимальным уровнем пульсаций, баттервортовская и т.д.).

2) Решается уравнение

$$\frac{R_r}{\text{Re}Z(f_p)} = g_4(\delta) [1 + g_2(\delta) g_3(\delta) Q^2 \delta^2]^2 \quad (2)$$

относительно δ , где $g_2(\delta)$, $g_3(\delta)$ и $g_4(\delta)$ - нормированные значения элементов низкочастотного прототипа (НЧ-прототипа или, по-другому, базовой цепи) полосовой согласующей цепи 3-го порядка с декрементом одноэлементной согласуемой нагрузки δ . Такое уравнение всегда может быть решено, поскольку вид функций $g_2(\delta)$, $g_3(\delta)$ и $g_4(\delta)$ известен и определяется только требованиями к частотной характеристике (чебышевской, баттервортовской и т.д.) согласующей цепи [Маттей Д.Л., Янг Л., Джонс Е.М.Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. - М: Связь, 1971]. Здесь f_p - частота, на которой действительная часть входного сопротивления пьезопреобразователя максимальна, $Q = f_p/\Delta f$ - эквивалент механической добротности пьезопреобразователя, причем диапазон частот Δf определен по графику зависимости $\text{Re}Z(f)$ на уровне 1/2 от максимального; $\text{Re}Z(f)$ - действительная часть входного сопротивления пьезопреобразователя на произвольной частоте f . Таким образом, значение δ определяется величиной выходного сопротивления генератора R_r и параметрами пьезопреобразователя $\text{Re}Z(f_p)$ и Q .

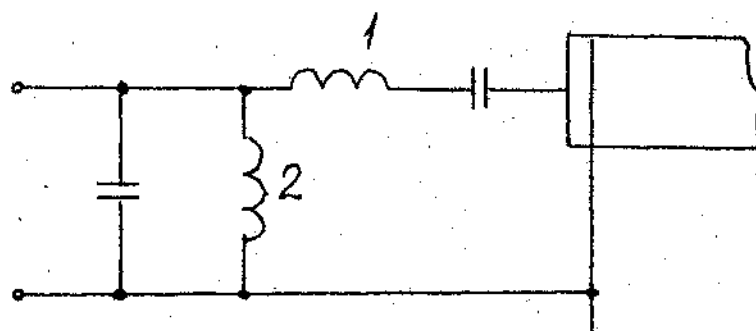
3) Для найденного из приведенного выше уравнения (2) значения декремента δ находятся значения функций $g_i(\delta)$, $i=2...4$.

4) По известным значениям $g_i(\delta)$ вычисляются вспомогательный коэффициент $\omega = [1 + g_2(\delta) g_3(\delta) Q^2 \delta^2]^{-1}$, а также значения емкостных и индуктивных элементов согласующей цепи. При этом полоса согласования $f_c = f_p/(Q \delta)$. На этом процедура синтеза электроакустического устройства заканчивается.

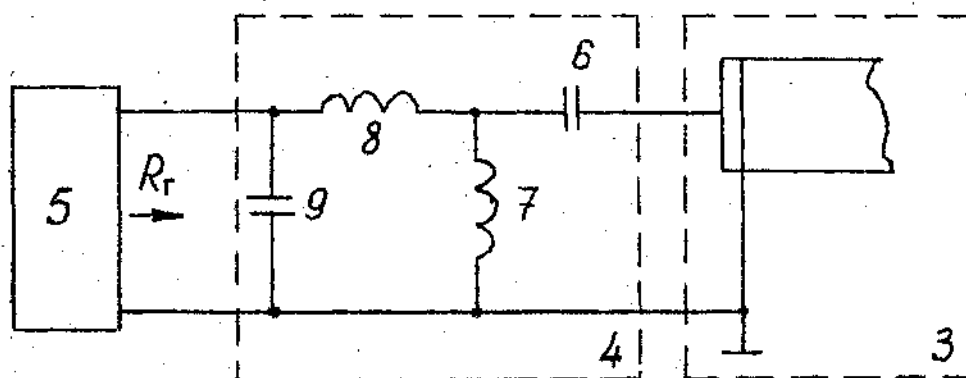
Например, для согласующей цепи, оптимальной по Фано (т.е. с минимальным уровнем КСВ в полосе согласования и ненормируемой величиной пульсаций), значения элементов находятся по формулам (1), в которых $g_i - g_{if}$ - нормированные значения элементов НЧ-прототипа цепи, оптимальной по Фано, а величина δ определена из решения уравнения (2).

Такое устройство было проверено экспериментально. Для этого был использован акустооптический элемент с пьезопреобразователем, имевшим следующие параметры: $\text{Re}Z(f_p) = 6,8 \text{ Ом}$; $|\text{Im}Z(f_p)| = 0,85 \text{ Ом}$; $Q = 3,56$; $f_p = 85,7 \text{ МГц}$. Согласующая цепь, реализованная на элементах с сосредоточенными параметрами, обеспечила максимальное значение КСВ в 50-омном тракте не более 1,8 в полосе частот $f_c = 110,9-63,7 = 47,2 \text{ МГц}$. Уровень пульсаций входной характеристики лежал в пределах значений КСВ от 1,5 до 1,8. При указанной величине $\text{Re}Z(f_p)$ конструирование такой согласующей цепи в прототипе потребовало использования дополнительного трансформатора с коэффициентом трансформации 0,3. Кроме того, величины элементов согласующей цепи оказались сравнимыми с величинами паразитных конструктивных элементов устройства-прототипа (например, значение индуктивного элемента 2 равнялось 5 нГн) и реализовать такое устройство на практике не удалось.

Таким образом, заявляемое устройство позволяет увеличить входное сопротивление согласующей цепи, упростить схемные решения акустооптических и высокочастотных ультразвуковых устройств, а в ряде случаев дает возможность сконструировать оптимальные согласующие цепи, нереализуемые другими методами.



Фиг. 1



Фиг. 2