Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

“Белорусский государственный университет

информатики и радиоэлектроники”

кафедра ЭВС

РЕФЕРАТ

На тему:

"ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ФИЛЬТРОВ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ"

МИНСК, 2008

Согласование преобразователей. При проектировании и конструировании фильтров на ПАВ необходимо решить ряд вопросов: согласование входной и выходной цепей с акустической частью, учет влияния погрешностей изготовления на характеристики фильтра, учет вторичных эффектов, выбор материалов звукопровода, штырей и корпусов и др.

Выше работа фильтра на ПАВ идеализировалась. Считали, что энергия, поступающая из внешней цепи, без потерь превращается в энергию электрического поля штырей преобразователя, которая, в свою очередь, переходит в энергию акустической волны. Затем энергия акустической волны вновь переходит в энергию электрического поля, которая превращается в энергию сигнала, действующего на выходе фильтра. Для того чтобы эти преобразования происходили без отражений и значительных потерь энергии, необходимо выполнить согласование.

Для сигнала, поступающего из внешней цепи, преобразователь представляет последовательное соединение емкости преобразователя Cпр и сопротивления (сопротивление излучения) Rа(ω0). Эквивалентная схема приведена не рис.1. Существует вариант эквивалентной схемы параллельного соединения емкости и сопротивления. Ограничимся последовательным соединением.

Особенно важно согласование внешней цепи и преобразователя для случая, когда входной сигнал поступает по высокочастотному кабелю, волновое сопротивление которого обычно находится в пределах 50…300 Ом. При отсутствии согласования энергия будет отражаться от перехода кабель ― преобразователь. Для устранения этого необходимо исключить влияние емкости, для чего следует использовать компенсирующую индуктивность Lк и обеспечить такое соотношение между активным сопротивлением излучения Rа(ω0) и волновым сопротивлением кабеля ρк, когда

где ω0 ― частота квазирезонанса.

|  |  |
| --- | --- |
|  ρк= Rа(ω0), | (1)  |

Расчет компенсирующей индуктивности Lк проводится по формуле



|  |  |
| --- | --- |
| Lк = 1/(Cпр ω02).  | (2)  |

Рис.1.

Емкость преобразователя на единицу длины каждой пары штырей (пФ/см) может быть найдена как емкость двух плоских проводников шириной а, находящихся друг от друга на расстоянии h, по приближенной формуле

|  |  |
| --- | --- |
| С1=(ε + 1) 0,09 lg [1 + 2a/h + a2/h2], | (3)  |

где ε ― диэлектрическая проницаемость материала подложки; а ― ширина штыря; h ― расстояние между штырями. Емкость пары штырей будет равна C1W, где W ― апертура (см. Рис.6.23). Емкость преобразователя

|  |  |
| --- | --- |
| Спр= C1WN, | (4)  |

где N ― количество пар штырей.

Для расчета емкости и компенсирующей индуктивности нужно знать W и N. Апертура W определяется из условий согласования ρк и Rа(ω0). Активное сопротивление Rа(ω0) отражает потери в электрической цепи из-за излучения и распространения по звукопроводу акустической энергии. Сопротивление Rа(ω0) определяется выражением

|  |  |
| --- | --- |
| Rа(ω0) =4kм2 / (πω0C1W),  | (5)  |

где kм ― коэффициент электромеханической связи.

Для обеспечения согласования ρк=Rа(ω0) необходимо варьировать значением апертуры W, так как частота ω0 задается при расчете фильтра, емкость C1 определяется топологией преобразователя, коэффициент kм ― выбранным материалом.

Из (5) определим значение апертуры при согласовании ρк и Rа(ω0), т.е. при согласовании параметров входной электрической цепи и электрических параметров преобразователя:

|  |  |
| --- | --- |
| Wсогл=4kм2 / (πω0C1 ρк).  | (6)  |

Однако, определяя Wсогл из условия согласования, следует иметь в виду, что апертура W определяется и рядом других факторов, а именно работой фильтра в первой зоне Френеля. Для этого требуется, чтобы

|  |  |
| --- | --- |
| W ≥ √lзλпов.  | (7)  |

Согласование излучателя и акустического канала, по которому распространяется акустическая волна, определяется из условия равенства добротности акустического канала Qа и добротности электрического излучателя Qэ. поскольку полоса ∆fп=f0/N и связь ∆fп и f0 определяется добротностью Qа, то

|  |  |
| --- | --- |
| Qа=N.  | (8)  |

Добротность Qэ зависит от сопротивления излучения и реактивного сопротивления, определяемого емкостью преобразователя:

|  |  |
| --- | --- |
| Qэ=1/ ω0C1WNRа(ω0) =π/4kм2 N.  | (9)  |

Согласование излучателя и акустического канала будет при равенстве Qа= Qэ. При этом N= Nопт. Тогда оптимальное количество пар штырей

|  |  |
| --- | --- |
| Nопт =√π/4kм2.  | (10)  |

Следовательно, для тех случаев, когда важны минимальные потери энергии, число штырей приходится выбирать из соображений согласования. Для наиболее характерных материалов звукопровода Nопт составляет от 5 до 20, т.е. полоса частот, достигаемая при максимальном согласовании, составляет от 5 до 20% несущей частоты. Если фильтр используется в УПЧ, то строгое согласование необязательно и количество штырей можно выбирать исходя из требования к полосе частот.

Влияние погрешностей изготовления преобразователей и нестабильности характеристик материалов на уменьшение выходного сопротивления. Все вышеуказанные зависимости справедливы при определенных допущениях, а именно в предположении, что все размеры фильтра выполнены с высокой точностью и согласованы со скоростью распространения поверхностной волны. При конструировании требуется, чтобы обязательно учитывалось влияние этих отклонений на работу фильтра.

Предположим, что имеются отклонения, которые приводят к нарушению согласования волн, создаваемыми разными парами штырей на время ∆τj. Это равнозначно рассогласованию между фазами волн на ∆φj:

|  |  |
| --- | --- |
| ∆φj=∆τj ω0=2π(∆τj/Т0); ∆τj/Т0=(1/2π) ∆φj, | (11)  |

где Т0=1/ f0 - период колебаний.

Тогда суммарная волна будет иметь значение, которое удобно выразить через напряжение на выходе выходного преобразователя u∑(∆φ) при наличии рассогласования по фазе парциальных волн, т.е. волн, возбуждаемых отдельными парами штырей:

|  |  |
| --- | --- |
| u∑(∆φ) = , | (12)  |

где Uj - амплитуда выходного сигнала при действии одной парциальной волны; j - номер пары штырей; ∆φj - рассогласование по фазе в j-й паре штырей; N ― число пар штырей.

После преобразования выражения получим

|  |  |
| --- | --- |
| u∑(∆φ) ≈ .  | (13)  |

При малых значениях ∆φj второй член в уравнении (6.35) много меньше первого. Тогда

|  |  |
| --- | --- |
| u∑(∆φ) ≈ .  | (14)  |

При одинаковой интенсивности излучения каждой пары имеет место равенство Uj= U1.

Рассматривая только амплитуду U∑(∆φ), получаем

|  |  |
| --- | --- |
| U∑(∆φ) ≈ .  |  (15)  |

Разложим в ряд, пренебрегая первыми двумя членами ввиду малости ∆φj, и получим



|  |  |
| --- | --- |
| U∑(∆φ) ≈ ≈ U1N , |  (16)  |

где U1N= Uн - амплитуда отклика при точном согласовании всех парциальных волн (номинальное напряжение на выходе). Видно, что амплитуда U∑(∆φ) зависит от того, как связаны между собой отклонения по фазе в разных номерах пар штырей. Рассмотрим два наиболее характерных случая.

1. Отклонения в каждой паре одинаковые, т.е. ∆φj =∆φ1, и зависимые. Это будет иметь место при отклонении скорости распространения в звукопроводе от номинала за счет технологических отклонений при изготовлении звукопровода или при изменении скорости распространения под влиянием температуры за счет температурного коэффициента задержки (ТКЗ).

2. Отклонения в каждой паре случайны, одинаковы и независимы. Это будет наблюдаться при технологических отклонениях в положении и размерах штырей и промежутков между ними.

При одинаковых и зависимых отклонениях сдвиг по фазе с увеличением j нарастает. Тогда ∆φj = j ∆φ1,

|  |  |
| --- | --- |
| , |  (17)  |

Сумма квадратов натурального ряда чисел приближенно выражается через N3/3. Тогда

|  |  |
| --- | --- |
| , |  (18)  |

где ∆τ1 ― рассогласование по задержке на интервале длины волны.

Относительное отклонение результирующего напряжения

|  |  |
| --- | --- |
| , |  (19)  |

где ∆υпов - отклонение скорости поверхностной волны от номинальной; ∆υпов. н - номинальная скорость поверхностной волны.

Положим, что отклонение ∆τ1 определяется отклонением задержки от номинального значения, для которого проведен расчет преобразователей. Если учитывать влияние на задержку только отклонений скорости поверхностной волны ∆υпов то

|  |  |
| --- | --- |
| ∆τ12/T02 ≈ ∆υ2пов/∆υ2пов. н.  | (20)  |

Как видно, влияние зависимых отклонений на потери в фильтре резко возрастает при увеличении числа пар штырей N. Зная отклонение скорости поверхностной волны от номинальной, просто найти уменьшение напряжения отклика. Например, при очень малом отклонении в скорости (∆υ2пов/∆υ2пов. н=10-6) получим

|  |  |
| --- | --- |
| ∆U∑(∆φ) / Uн=0,06 при N=100; ∆U∑(∆φ) / Uн=0, 6 при N=300.  |  (21)  |

Следовательно, отклонения в скорости распространения поверхностной волны и времени задержки в звукопроводе значительно влияют на отклик на выходе фильтра.

При случайных независимых отклонениях полагаем, что известно D1/2(∆τ1) (оно одинаково для всех штырей). Тогда получим

|  |  |
| --- | --- |
| ; .  |  (22) (23)  |

Следовательно, при увеличении числа пар штырей случайная составляющая ∆U∑(∆φ) / Uн уменьшается, устремляясь к нулю. Этот результат аналогичен полученному ранее для фильтров на ПЗС, где относительное влияние случайных независимых отклонений уменьшается с увеличением числа ячеек памяти. В фильтрах на ПАВ остается только незначительное среднее отклонение выходного напряжения, не зависящее от количества пар штырей. Например, при больших относительных отклонениях задержки [D1/2(∆φ1) /Т0=0,01] уменьшение среднего значения составит 0,2%. Следовательно, можно допускать существенные случайные независимые отклонения при изготовлении штырей.

Конструирование преобразователей фильтров на ПАВ. При конструировании фильтров на ПАВ необходимо решить ряд вопросов, связанных с вторичными эффектами, к числу которых в первую очередь следует отнести эффекты отражения акустических волн от штырей преобразователей, от краев звукопровода и т.д. Наиболее существенное влияние оказывает отражение от штырей. Действительно, волна, распространяющаяся под штырями, с одной стороны, накапливает интенсивность, суммируясь с волнами других пар штырей, а с другой ― отражается от каждой последующей пары.

Нанесенные на поверхность звукопровода штыри изменяют условия и скорость движения волны. В них возбуждается электрическое напряжение, происходит вторичное излучение, т.е. отражение волн. Эффект этот тем больше, чем больше пар штырей и чем больше коэффициент электромеханической связи kм. Эффект отражения существенно ограничивает количество пар штырей и требует тщательного выбора материала звукопровода (в зависимости от требований к полосе частот). Заметим, что использование подобных отражений лежит в основе функционирования резонаторов на ПАВ.

В фильтрах на ПАВ эффект отражений стремятся уменьшить, для чего используют очень тонкие напыленные штыри, толщиной примерно 100 … 200 нм, а также подбирают соотношения между величинами a и h. Установлено, что целесообразно выбирать отношение a /(a+h), равное примерно 0,6 при материалах с небольшим значением kм и 0,7…0,8 - с большим kм.

Рис2

Характер отражения от других неоднородностей разнообразен. Для иллюстрации возможных причин отражений на рис.2 показаны ложные сигналы во временной области, возникающие при подаче δ-импульса на вход фильтра ПАВ. На рисунке: 1 - сигнал прямого распространения с практически нулевой задержкой; 2 - основной полезный сигнал ПАВ; 3 ― сигналы, многократно отраженные от штырей; 4 - сигналы, отраженные от поглотителей; 5 - сигнал, отраженный от левой кромки звукопровода; 6 - сигнал, отраженный от правой кромки звукопровода; τ0 ― время задержки основного сигнала при прохождении между ВШП.

При конструировании фильтров сначала в зависимости от требований к полосе и средней частоте выбирается материал звукопровода. Для звукопровода могут быть использованы как монокристаллические, так и поликристаллические (пьезокерамические) материалы. Монокристаллы обеспечивают малые потери на распространение ПАВ (около 0,1 … 0,5 дБ/см на частотах до 2 ГГц). Они стабильны во времени (для силиката висмута отклонение скорости волны от кристалла к кристаллу не превышает ±0,06%).

В фильтрах с соотношением ∆fп/f0 до 0,05 … 0,06 наиболее широко используется кварц SiO2 различных срезов.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Петров К.С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: Учебное пособие для вузов. – СПб: Питер, 2003. – 512 с.
2. Опадчий Ю.Ф. и др. Аналоговая и цифровая электроника: Учебник для вузов / Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров; Под. ред. О.П. Глудкина. М.: Горячая Линия – Телеком, 2002. – 768 с.
3. Акимов Н.Н. и др. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: Справочник / Н.Н. Акимов, Е.П. Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходоренок. Мн.: Беларусь, 2005. – 591 с.