

Физические основы проектирования фильтров ПАВ

Выполнена студентом
группы ФРМ-202-О
Васильевым А.В.
Научный руководитель:
к.т.н., доцент
Аржанов В.А.

Цели работы:

- **1) изучение основных этапов процесса проектирования фильтров ПАВ;**
- **2) рассмотрение конструкций преобразователей для возбуждения и приема ПАВ;**
- **3) обзор моделей встречно-штыревых преобразователей для синтеза фильтров ПАВ.**

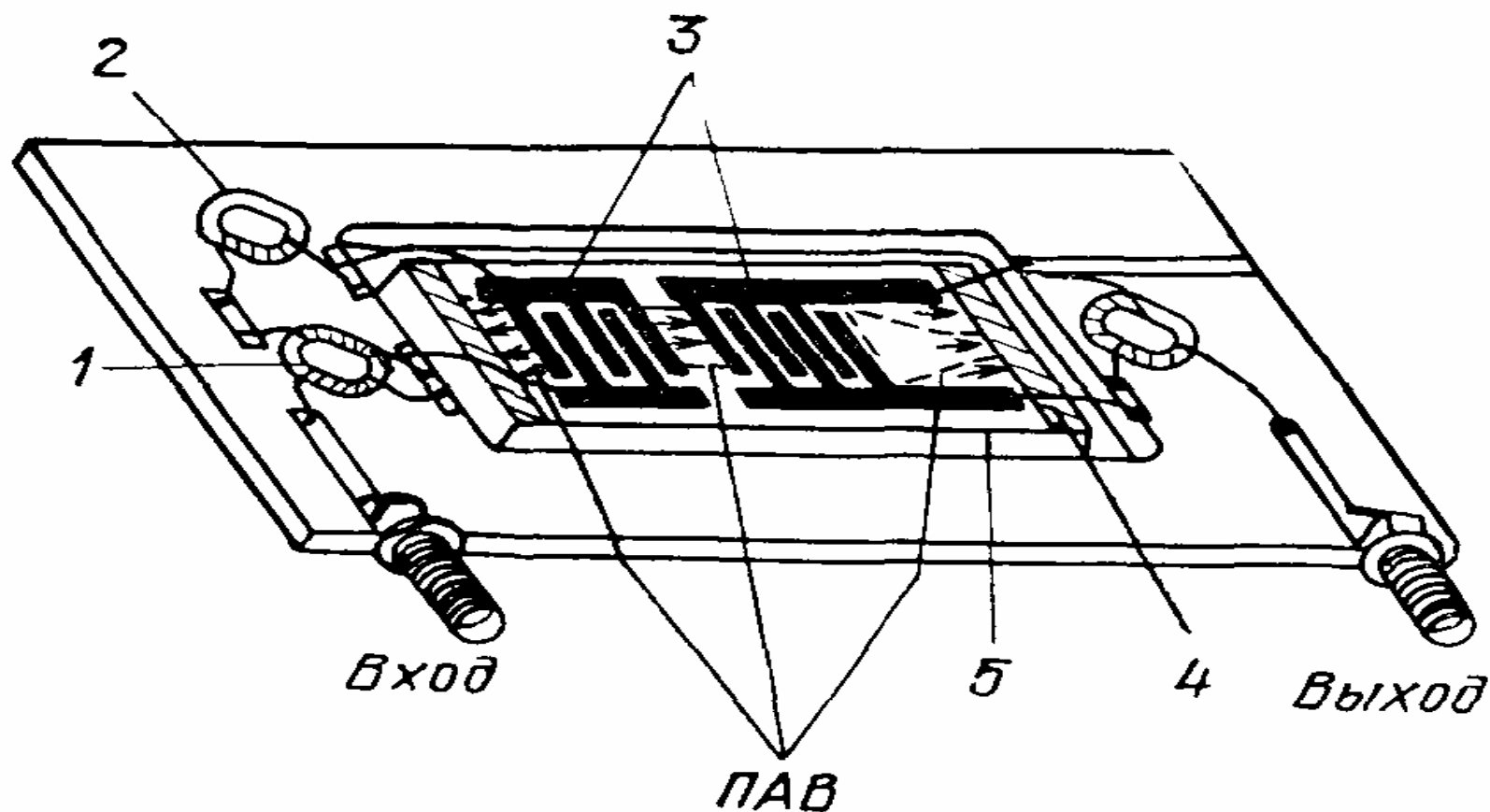


Рисунок 1. Конструкция фильтров ПАВ: 1 – трансформатор, 2 - индуктивность, 3 – преобразователи, 4 – акустический поглотитель, 5 – звукопровод.

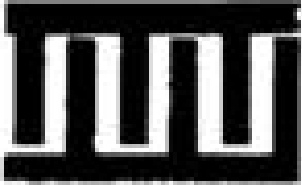
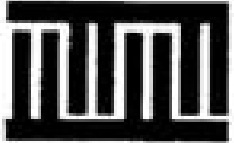
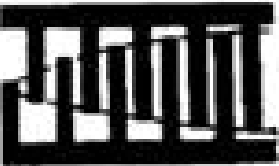
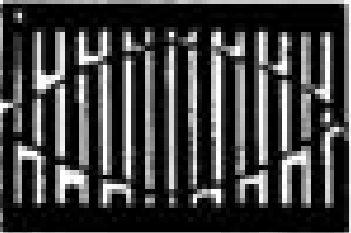

Таблица 1. Параметры интегральных пьезофильтров с локализацией энергии колебаний

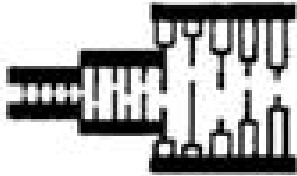
Параметр	Фильтры ПАВ		
	Лабораторные образцы	Промышленные образцы	Практические пределы
Центральная частота, МГц	1-2750	10-1000	10-2000
Минимальные вносимые потери, дБ	0,65	2,0	0,5
Минимальная полоса, %	0,01	0,1	0,005
Максимальная полоса, %	100	50	100
Минимальная переходная полоса, кГц	100	100	50
Минимальный коэффициент прямоугольности	1,15(40/3) дБ	1,2(40/3) дБ	1,1(40/3) дБ
Затухание в полосе заграждения, дБ	70	50	80
Затухание боковых лепестков или паразитных резонансов, дБ	60-70	40-50	80
Подавление сигнала тройного прохождения, дБ	55	45	60
Пульсации по амплитуде, дБ	$\pm 0,05$	$\pm 0,2$	$\pm 0,01$
Отклонение фазовой характеристики от линейности, град	$\pm 0,1$	± 2	$\pm 0,1$

Таблица 2. Схема процесса проектирования фильтра ПАВ

1 этап	Составление технического задания на фильтр: требования к АЧХ, ФЧХ, ГВЗ, стабильности, габаритам, стоимости и т.п.
2 этап	Выбор материала звукопровода по требованиям к вносимому затуханию и стабильности
3 этап	Выбор структурной схемы фильтра: вида, количества способов включения и методов взвешивания конструктивных элементов (преобразователей, ответвителей, волноводов, отражателей, экранов и т.п.)
4 этап	Синтез фильтра по выбранной структурной схеме и заданным требованиям к его конструктивным элементам, расчет топологии
5 этап	Расчет согласующих цепей и рабочих характеристик фильтра, коррекция топологии
6 этап	Учет и компенсация эффектов второго порядка, коррекция топологии
7 этап	Получение машинных носителей информации для тех-нологического оборудования с целью изготовления фотошаблонов и выпуска конструкторской документации
8 этап	Оптимизация по стоимости, габаритам, чувствительности, времени изготовления и т.п.
9 этап	Изготовление и испытание лабораторных образцов

Таблица 3. Основные конструкции ВШП для фильтров ПАВ

Тип ВШП и способ взвешивания	Конструкция	Достоинства	Недостатки
1. Неаподизованный эквидистантный без взвешивания)		Простота расчета	Плохая прямоугольность, большой уровень боковых лепестков
2. Неаподизованный с расщепленными электродами (без взвешивания)		Малый коэффициент отражения	Большая вероятность дефектов изготовления
3. Аподизованный эквидистантный (взвешивание изменением длины электродов)		Высокий коэффициент прямоугольности, полоса до 30%	Искажение фазового фронта ПАВ и чувствительность к дифракции
4. Аподизованный с пассивными электродами вне зоны перекрытия электродов		Снижение фазовых искажений фронта	Искажение АЧХ из-за отражений от пассивных электродов, чувствительность к дифракции ПАВ
5. Аподизованный с расщепленными индивидуально взвешенными электродами		Малый коэффициент отражения, возможность реализации сложных АЧХ	Большая вероятность дефектов изготовления

<p>6. Аподизованный с изломом электродов вне зоны перекрытия</p>		<p>Малый коэффициент отражения</p>	<p>Чувствительность к дифракции</p>
<p>7. Аподизованный секционированный (изменение длины и периодическое прореживание электродов)</p>		<p>Малый коэффициент отражения</p>	<p>Ангармонические отклики в АЧХ</p>
<p>8. Аподизованный с металлизацией вне зоны перекрытия</p>		<p>Малый коэффициент отражения</p>	<p>Дисперсия ПАВ</p>
<p>9. Аподизованный с малым взвешиванием электродов</p>		<p>Уменьшение отражения и переотражения</p>	<p>Фазовые искажения фронта ПАВ</p>
<p>10. Со ступенчатым фронтом излучения</p>		<p>Возможность подавления объемных волн</p>	<p>Дифракция парциальных пучков</p>

<p>11. Однонаправленный (сдвиг двух половин ВШП на 90°)</p>	 <p>Фазовра- щатель 90°</p>	<p>Высокочастотнос ть</p>	<p>Узкая полоса, большой уровень боковых лепестков</p>
<p>12. Модифицированный однонаправленный</p>		<p>Широкополосност ь</p>	<p>Верхняя граничная частота ниже в 2 раза</p>
<p>13. Со взвешиванием ширины электродов</p>		<p>Однородность звукового пучка по апертуре</p>	<p>Недостаточный выбор реализуемых АЧХ, большой уровень боковых лепестков</p>
<p>14. Со взвешиванием селективным удалением электродов</p>		<p>Снижение фазовых искажений фронта и дифракции</p>	<p>Увеличение уровня боковых лепестков при рас- стройке</p>
<p>15. Наклонный</p>		<p>Снижение акустических отражений</p>	<p>Высокие вносимые потери</p>

<p>16. Эквидистантно-групповой (изменение периода)</p>		<p>Уменьшение дифракции</p>	<p>Большой уровень боковых лепестков</p>
<p>17. Неэквидистантный неаподизованный (взвешивание периода электродов вдоль направления распространения ПАВ)</p>		<p>Широкополосная дисперсия</p>	<p>Изрезанность фазовой характеристики, большой уровень боковых лепестков</p>
<p>18. Неэквидистантный аподизованный (изменение периода и длины электродов)</p>		<p>Возможность управления видом АЧХ</p>	<p>Дискретная изрезанность фазовой характеристики</p>
<p>19. Веерный неаподизованный (со взвешиванием периода электродов поперек направления распространения ПАВ)</p>		<p>Высокий коэффициент прямоугольности</p>	<p>Большой уровень боковых лепестков</p>
<p>20. Веерный аподизованный (изменение периода и длины электродов)</p>		<p>Высокий коэффициент прямоугольности</p>	<p>Большой уровень боковых лепестков</p>

<p>21. С емкостным взвешиванием</p>		<p>Отсутствие дифракции, малое взаимное влияние электродов</p>	<p>Необходимость подавления противофазного излучения</p>
<p>22. С последовательным взвешиванием электродов</p>		<p>Слабая чувствительность к замыканиям, снижение дифракции</p>	<p>Ангармонические отклики в АЧХ</p>
<p>23. Дифракционный</p>		<p>Малая чувствительность к разрывам электродов, повышение уровня допустимой мощности</p>	<p>Малая эффективность преобразования</p>
<p>24. С пьезоэлектрическим слоем</p>		<p>Возможность использования аморфных подложек, управления эффективностью</p>	<p>Дисперсия, усложнение технологии</p>
<p>25. С акустическим согласующим слоем</p>		<p>Уменьшение потерь преобразования</p>	<p>Усложнение технологии</p>

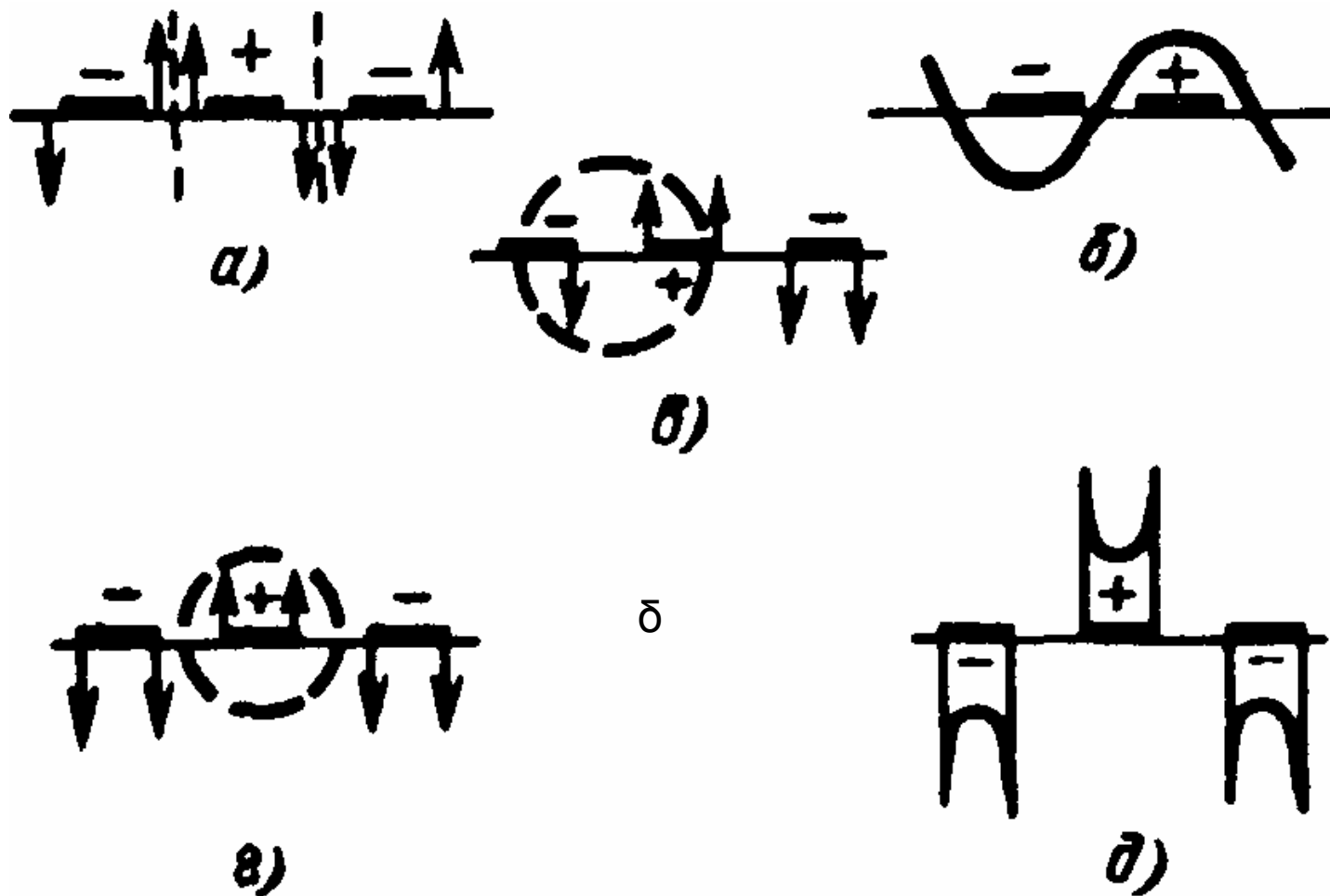


Рисунок 2. Элементарные источники, отражающие возбуждение ПАВ в различных моделях ВШП: а) – эквивалентных схем, б) – импульсной (синусоидальной), в) – δ -функций, г) – модифицированной δ -источников, д) – спектрального взвешивания

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Из всех описанных моделей наименьшую погрешность в широком диапазоне частот и на разных рабочих частотах (гармониках или основной частоте) дает модель спектрального взвешивания, т. е. она наиболее точно характеризует свойства ВШП в первом приближении.
- Для узкополосного фильтра разницы между моделями практически нет. Если при расчете нужна высокая точность, особенно на частотах, которые приводят к заметной асимметрии характеристик в рассматриваемой полосе частот, предпочтительна модель спектрального взвешивания. Из всех рассмотренных моделей аналитически она самая сложная.
- Следует отметить, что не существует простой и универсальной модели ВШП, позволяющей рассчитать его характеристики и топологию не только в первом приближении, но и с учетом всех эффектов второго порядка. Поэтому обычно на начальных этапах проектирование ведется по одной из рассмотренных моделей, а затем результаты уточняются с привлечением других моделей или численных методов, учитывающих те или иные эффекты: дифракцию, отражения, генерацию ОАВ и т. п.

Спасибо за внимание!